

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

**Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Química Farmacéutica**



**Exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en
agricultores que cultivan tomate en el departamento de
Sacatepéquez, Guatemala**

**Guatemala
2007**

**Exposición a plaguicidas organofosforados y
carbamatos en agricultores que cultivan tomate en el
departamento de Sacatepéquez, Guatemala.**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Química Farmacéutica



Exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en agricultores que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala

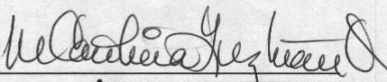
Trabajo de investigación presentado por:

Jenny Mariela Santisteban Bautista


para optar al grado de Licenciatura en Química Farmacéutica

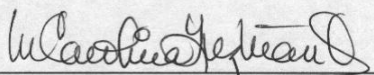
Guatemala
2007

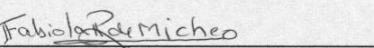
Vo.Bo. :

(f) 
Asesor
Lda. Carolina Guzmán

Tribunal:

(f) 
Lic. Elfego Rolando López

(f) 
Lda. Carolina Guzmán

(f) 
Lda. Fabiola de Micheo

Fecha de aprobación: 12 de diciembre de 2007

A Dios:

Por darme una vida llena de amor, éxitos y bendiciones.

A mis padres Luis y Rosalinda:

Por su amor y apoyo incondicional. Gracias por creer en mí.

A mis hermanos Luis Albert y Anny:

Por su amor, apoyo y paciencia.

A mi sobrinito, Luis Carlos:

Por ser mi fuente de inspiración, mi aliento para seguir adelante.

A mi abuelita Betía:

Por ser un ejemplo de superación y unión familiar.

A mis tíos Maco y Edgar:

Por los consejos y ayuda. Gracias por tenderme siempre la mano.

A mi familia Santisteban Ramirez.

A mi familia Bautista Gómez.

A mis amigos:

Por su cariño y apoyo. Gracias por confiar en mí.

PREFACIO

En virtud que a través de los años se ha incrementado el uso de plaguicidas en diversas plantaciones agrícolas de Guatemala, y según investigaciones, se han comprobado las implicaciones en la salud de los trabajadores involucrados en esta actividad. Con el objetivo de aportar información que contribuya a orientar a los agricultores en cuanto al uso moderado de los plaguicidas organofosforados y carbamatos y disminuir las consecuencias y efectos sobre la salud decidí realizar esta investigación.

Agradezco al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación – MAGA – Sacatepéquez, su colaboración al respecto, en especial al Ing. Elder Hernández y su equipo de trabajo. Así mismo, a los trabajadores de las fincas visitadas que se prestaron para llevar a cabo esta investigación.

Mi gratitud a la Lda. Carolina Guzmán quien me asesoró para realizar de la mejor forma posible este estudio, y a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo de tesis.

CONTENIDO

PREFACIO	<i>iv</i>
LISTA DE CUADROS	<i>vii</i>
LISTA DE GRÁFICOS	<i>viii</i>
RESUMEN	<i>x</i>
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO CONCEPTUAL	3
A. Antecedentes	3
B. Justificación	5
C. Planteamiento del problema	5
D. Alcances y límites	6
III. MARCO TEÓRICO	7
A. Sacatepéquez, Guatemala.....	7
B. Cultivo de tomate	9
C. Plaguicidas	14
D. Organofosforados	16
E. Carbamatos	20
IV. MARCO METODOLÓGICO	23
A. Objetivos	23
B. Hipótesis	23
C. Variables	24
D. Población	24
E. Muestra	24
F. Procedimiento	25
G. Diseño de investigación	27
H. Análisis estadístico	27

V.	MARCO OPERATIVO	28
	A. Recabación y tratamiento de datos	28
	B. Recursos	28
	C. Aspectos económicos	30
VI.	PROGRAMA	31
VII.	RESULTADOS	32
VIII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	42
IX.	CONCLUSIONES	49
X.	RECOMENDACIONES	51
XI.	BIBLIOGRAFÍA	53
XII.	ANEXOS	56

LISTADO DE CUADROS

	Página
CUADRO	
III. 1 Datos generales Departamento de Sacatepéquez, Guatemala	7
III. 2 Signos y síntomas de intoxicación grave por organofosforados según el sitio de actividad del neurotransmisor acetilcolina	19
V. 1 Aspectos económicos.....	30
VII. 1 Muestreo en fincas productoras de tomate, agosto y septiembre 2007 Departamento de Sacatepéquez, Guatemala.....	32
VII. 2 Plaguicidas organofosforados y carbamatos utilizados por los Agricultores en fincas productoras de tomate, Departamento de Sacatepéquez, Guatemala	32
VII. 3 Signos y síntomas en trabajadores de fincas de tomate del Departamento de Sacatepéquez, Guatemala	37
VII. 4 Niveles de actividad de colinesterasa eritrocitaria en trabajadores de fincas de tomate bajo invernadero del Departamento de Sacatepéquez, Guatemala	39
VII. 5 Niveles de actividad de colinesterasa eritrocitaria en trabajadores de fincas de tomate sin invernadero del Departamento de Sacatepéquez, Guatemala	39
VII. 7 Resumen de niveles de actividad de colinesterasa eritrocitaria de la muestra	41

LISTADO DE GRÁFICAS

Página

GRÁFICA

VII. 1	Plaguicidas organofosforados utilizados por agricultores que cultivan tomate en el Departamento de Sacatepéquez, Guatemala	34
VII. 2	Plaguicidas carbamatos utilizados por agricultores que cultivan tomate en el Departamento de Sacatepéquez, Guatemala	34
VII. 3	Porcentaje de mezcla de plaguicidas organofosforados utilizados por los agricultores que cultivan tomate en el Departamento de Sacatepéquez, Guatemala	35
VII. 4	Porcentaje de mezcla de plaguicidas carbamatos utilizados por los agricultores que cultivan tomate en el Departamento de Sacatepéquez, Guatemala	35
VII. 5	Condiciones de almacenamiento.....	36
VII. 6	Uso de protección personal	36
VII. 7	Presentación de signos y síntomas en los trabajadores relacionados al uso de plaguicidas organofosforados y carbamatos	38
VII. 8	Detalle de signos y síntomas presentados	38
VII. 9	Niveles de actividad de colinesterasa eritrocitaria en trabajadores de fincas de tomate bajo invernadero en el Departamento de Sacatepéquez, Guatemala.....	40
VII.10	Niveles de actividad de colinesterasa eritrocitaria en trabajadores de fincas de tomate sin invernadero en el	

Departamento de Sacatepéquez, Guatemala.....	40
VII.11 Niveles de actividad de colinesterasa eritrocitaria en trabajadores de fincas de tomate del Departamento de Sacatepéquez, Guatemala.....	41

RESUMEN

La medición del nivel de actividad de la enzima colinesterasa eritrocitaria se utiliza como bioindicador de la exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos. Guatemala es un país agroforestal, por lo que es necesario tomar medidas de prevención con respecto a la intoxicación ocupacional por estos tipos de agroquímicos. Además, es importante la capacitación constante y adecuada con respecto al uso, así como el almacenamiento, aplicación, desecho y protección del agricultor.

El objetivo de este estudio fue determinar los niveles de actividad de la enzima colinesterasa eritrocitaria en agricultores que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala para identificar la presencia o no de inhibición de la enzima debido al uso de los plaguicidas organofosforados y carbamatos. Utilizando el método de Michel, se encontró que el nivel de actividad de la enzima no es significativamente diferente al nivel de referencia, 0.689 U/Hr, por lo que se concluye, que los agricultores que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala no presentan inhibición del nivel de actividad de la enzima colinesterasa eritrocitaria.

Adicionalmente, se evidenció que existe diferencia entre el nivel de la actividad de la enzima colinesterasa eritrocitaria de los agricultores que cultivan tomate bajo la modalidad con y sin invernadero. Por diversas razones, en el cultivo bajo invernadero, se incrementan las posibilidades de sufrir inhibición de la actividad de la enzima por lo que las medidas de precaución deben ser mayores. A manera de capacitar a los agricultores se diseñó un folleto informativo sobre el uso adecuado de los agroquímicos. El mismo fue entregado al personal del MAGA, agricultores de las fincas y al Centro de Salud de Antigua Guatemala.

I. INTRODUCCIÓN

La diversidad de climas, la fertilidad de los suelos y el aprovechamiento adecuado de los mismos, hacen de Guatemala un país predominantemente agroforestal. Cada año se buscan nuevas y mejores formas para el mantenimiento de los cultivos, protegiéndolos de plagas, hongos, insectos, roedores y otros organismos que pueda afectar su crecimiento.

Existe una variedad de plaguicidas los cuales se diferencian por su mecanismo de acción, su grupo objetivo, precio, eficiencia, entre otras cosas. Los plaguicidas organofosforados y carbamatos, son los más utilizados, no sólo por su accesibilidad sino también por su eficiencia sobre determinados cultivos. A pesar de los beneficios que le proporcionan al cultivo existen efectos tóxicos que pueden ser mortales sino se aplican de manera prudente y correcta.

Los plaguicidas organofosforados y carbamatos, producen su efecto tóxico en el sistema nervioso central, específicamente inhibiendo la actividad de la enzima acetilcolinesterasa. Esta enzima, es la responsable de la destrucción y terminación de la actividad biológica del neurotransmisor acetilcolina, el cual se libera al darse un impulso nervioso. Al no ser destruida, el neurotransmisor Acetilcolina se acumula alterando el funcionamiento normal del impulso nervioso y provocando consecuentemente daños en el sistema nervioso central. Muchos de los síntomas son bastante comunes entre los agricultores, como por ejemplo cefaleas, visión borrosa, náuseas, debilidad, diarreas o vómitos, calambres musculares, entre otros.

Debido al uso desmedido de plaguicidas organofosforados y carbamatos, el número de intoxicaciones accidentales y ocupacionales incrementa cada año, sin tomar en cuenta los casos que no se reportan. Sólo en 1997 el 62% de las intoxicaciones fueron causadas por estos plaguicidas. Las intoxicaciones

ocupacionales se presentan principalmente debido al uso inadecuado de protección durante la aplicación del plaguicida y en algunos casos a la falta de protección (Arriaza, 2004).

El objetivo fundamental del estudio fue determinar los valores de actividad de la enzima colinesterasa eritrocitaria en agricultores que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala, con la finalidad de establecer si la exposición a estos dos tipos de plaguicidas ha inhibido la actividad de la enzima. La ejecución de este tipo de investigaciones, es importante ya que puede ayudar a agricultores que están padeciendo alguno de los síntomas, o al médico para obtener un diagnóstico concreto. También es de beneficio para los dueños de las fincas, debido a que les permite visualizar de mejor manera el riesgo potencial que corren sus trabajadores al no utilizar el equipo adecuado durante la aplicación de los plaguicidas.

Para completar el estudio se llevó a cabo un análisis de comprobación para establecer la diferencia entre los niveles de actividad de la enzima de los agricultores que cultivan tomate que trabajan bajo invernadero contra los que trabajan sin invernadero, en el cultivo de este producto, ya que el calor del plástico puede concentrar la aplicación del plaguicida. Finalmente, se elaboró un folleto informativo dirigido a los agricultores que cultivan tomate y a los propietarios de fincas, para dar a conocer la importancia del uso adecuado del equipo de protección personal, así como las consecuencias que conlleva el uso inadecuado del mismo.

II. MARCO CONCEPTUAL

A. ANTECEDENTES.

Guatemala es un país agroforestal en el que el uso de plaguicidas es parte fundamental en cualquier área del cultivo, es considerado “un mal necesario”. Desde hace más de tres décadas, se han desarrollado investigaciones en Guatemala con respecto al posible daño a la salud y consecuencias que conlleva el uso de plaguicidas; sin embargo, no fue sino hasta el final de la década de los ochentas que se enfatizó en las consecuencias y beneficios del uso de plaguicidas organofosforados y carbamatos.

En 1971, Ana María Torres de La Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, efectuó la *Investigación toxicológica de insecticidas por cromatografía de capa fina* (Torres, 1971). Diez años más tarde, en 1982, investigadores estadounidenses, evaluaron el uso de plaguicidas y la seguridad que conlleva, por medio de un programa de medición de la actividad de colinesterasa en sangre así como un análisis de sangre y orina para la medición de plaguicidas y sus metabolitos (People y Snaak, 1982).

Miguel Ángel Ortega, en 1986, inició una serie de investigaciones relacionadas con plaguicidas organofosforados en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Mediante el estudio *Determinación de colinesterasa sérica de exposición a insecticidas organofosforados* comparó entre dos muestras de población escolar, una de origen urbano sin exposición a insecticidas y la otra de origen agrícola expuesta a insecticidas (Ortega, 1986).

Durante la década de los noventa, se realizaron otras investigaciones en Guatemala, relacionadas directamente con los plaguicidas organofosforados y carbamatos. A nivel mundial, Colombia fue uno de los países que más investigaciones efectuó. En el Instituto de Seguro Social de Colombia en

conjunto con ARP ISS Sección Antioquia y la Universidad de Antioquia (Colombia), desarrollaron una investigación para determinar los valores de actividad colinesterásica y hemoglobina en población laboral no expuesta a plaguicidas inhibidores de colinesterasa. Los resultados indican que los niveles enzimáticos en las regiones estudiadas son superiores a los de la mayoría de estudios publicados (Henaó *et al.*, 1997).

Durante los últimos siete años, se han realizado varias investigaciones en Guatemala originadas por el aumento en el uso de plaguicidas, lo cual ha incrementado también la proporción de intoxicaciones. En el año 2002, investigadores de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), concluyeron en el estudio *Situación epidemiológica de las intoxicaciones agudas por plaguicidas en el Istmo Centroamericano* que «la mayor proporción de intoxicaciones agudas es de origen ocupacional, con un 39.1%», y que de éstas, Guatemala, es el país más afectado, con el 60% de los casos (PLAGSALUD, 2002).

Los estudios más recientes, se enfocan principalmente en la determinación de la actividad de colinesterasa con el fin de evaluar esta enzima en determinadas poblaciones. En el año 2002, Rafael Minera realizó el estudio *Determinación de la actividad de colinesterasa eritrocitaria en Guatemala*, en el que evaluó la actividad de la enzima colinesterasa en distintas áreas representativas del país (Minera, 2002).

En el año 2005, Sandra Arriaza de la Universidad de San Carlos de Guatemala, evaluó la exposición ocupacional a plaguicidas organofosforados mediante el estudio *Evaluación de exposición ocupacional a plaguicidas organofosforados en trabajadores de un laboratorio de análisis de formulaciones de plaguicidas y propuesta de guía de seguridad y control ocupacional*. Los resultados demuestran que la actividad de colinesterasa se encuentra dentro del

rango normal, por lo que se determinó que la exposición a los plaguicidas organofosforados por parte del personal en estudio es baja (Arriaza, 2005).

B. JUSTIFICACIÓN.

El uso de plaguicidas en Guatemala es necesario para asegurar la producción del cultivo, por tratarse de una herramienta que ayuda al agricultor a combatir malezas, hongos e insectos que atacan el desarrollo de la siembra, con ahorro de tiempo y dinero. El problema no radica en el uso de plaguicidas en sí, sino en no aplicarlos correctamente poniendo en riesgo la salud de la población que tiene contacto directo e indirecto con ellos.

Por lo tanto, un indicador biológico para determinar si un plaguicida organofosforado afecta la salud de agricultores, es la medición del nivel de la actividad de la enzima colinesterasa eritrocitaria. De esta forma se descarta o asegura, una intoxicación por organofosforados o carbamatos.

Una persona intoxicada por estos plaguicidas, sufre de varios síntomas que afectan su salud y por consiguiente su desempeño laboral, e incluso puede exponer a su familia si los maneja inadecuadamente después de su uso. Por ello, es importante evaluar periódicamente la actividad de la enzima en grupos de trabajadores que tienen contacto directo con estos plaguicidas en diferentes áreas del país. Capacitándolos en cuanto al manejo de los plaguicidas, de esta manera se podrá conocer la situación a la que están expuestos. Así se evitará que Guatemala continúe como el país más afectado por intoxicaciones con plaguicidas, en Centro América.

C. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los plaguicidas químicos son sustancias tóxicas utilizadas para aniquilar o controlar plagas, insectos que amenazan los cultivos agrícolas o transmiten enfermedades a los seres humanos, hongos, roedores y otros organismos nocivos (Cortinas *et al.*, 2000). Entre los más utilizados se encuentran los

organofosforados y carbamatos. Ambos, inhiben la enzima colinesterasa; sin embargo, la acción de los carbamatos es más rápida, reversible, pero las intoxicaciones pueden ser igualmente graves.

Debido al uso constante, fácil acceso, alta peligrosidad y falta de capacitación en cuanto al uso de los organofosforados y carbamatos, estos se convierten en la principal causa de intoxicación por plaguicidas en Guatemala, entre los cuales se puede mencionar al metamidofos, metil-paration, malation y carbaril, como los más utilizados.

D. ALCANCES Y LÍMITES.

1. **Alcances:** se analizó y determinó los valores de la actividad de la colinesterasa eritrocitaria en muestras de sangre de agricultores que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala. El análisis se llevó a cabo en el Centro de Información y Asesoría Toxicológica, Departamento de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad San Carlos de Guatemala; mediante el método de Michel.

2. **Límites:** los valores de actividad de colinesterasa eritrocitaria indican si existe exposición e intoxicación con organofosforados y carbamatos. No indican la cantidad de plaguicida a la que el agricultor está expuesto ni la cantidad que absorbe.

III. MARCO TEÓRICO

A. SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA.

El municipio de Sacatepéquez fue fundado en el siglo XVI, la ciudad fue parcialmente destruida por los terremotos de Santa Marta en 1773 y luego abandonada. Se ubica a 45 km al sureste de la capital, es uno de los lugares más visitados por turistas nacionales y extranjeros (Mejía, 2002).

Sacatepéquez es uno de los departamentos de Guatemala más deslumbrantes en cuanto a tradiciones orales (leyendas), no sólo por su peculiar posición geográfica sino también por su extraordinaria herencia cultural. Los volcanes de Fuego, Agua y Acatenango, son sitios turísticos importantes del área (Mejía, 2002).

Cuadro III. 1 – Datos generales del Departamento Sacatepéquez, Guatemala –

Datos generales**	
Cabecera departamental	<u>Antigua Guatemala</u>
Población*	248, 019 Hab
Extensión territorial*	465 km ²
Latitud	14° 33' 24"N
Longitud	90° 44' 02"O
Altitud	1 530 msnm
Clima	Templado
Idiomas	<u>Kaqchikel y español</u>
* Estimaciones de SEGEPLAN, con base en la estructura del XI Censo Nacional de Población y VI de Habitación. Guatemala, enero del 2003. <u>INE</u>	
** Información proporcionada por MAGA, Sacatepéquez	

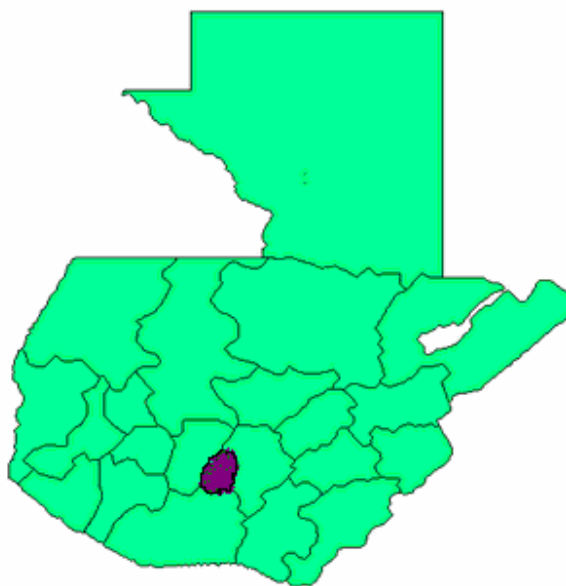


Figura III.1 – Mapa República de Guatemala – Ubicación del Departamento de Sacatepéquez

Zonas de vida vegetal.

En el departamento de Sacatepéquez se encuentran tres zonas de vida vegetal, las que se describen a continuación:

- **Bosque muy húmedo subtropical cálido:**

esta zona de vida tiene una precipitación pluvial de 400 - 600 mm, la biotemperatura es de 21-25 °C, la altura sobre el nivel del mar es de 80 - 1600. Entre la vegetación indicadora, se encuentran: *Orbugnya styraciflua*, *Terinalis amazonia*, *Ceiba pentandra*, *Brossiam alicastrum* y *Enterolubium cyclocarpum*. Los cultivos principales de esta zona son: caña de azúcar, banano, café, hule, cacao, cítricos, citronela, maíz, frijol y tomate (condiciones especiales, invernadero o sin invernadero) (Mejía, 2002).

- **Bosque húmedo montano bajo subtropical:**

en esta zona de vida se encuentra una precipitación pluvial de 1.057 - 1.580 mm, la biotemperatura es de 15-23 °C, la altura sobre el nivel del mar es de 1 500 - 2 400. Entre la vegetación indicadora se pueden mencionar: *Quercus sp.*, *Pinus psedustrobus*, *Pinus montezumae*, *Pinus jorulensis*, *Ostrys sp.*, *Carpinus sp.* y *Arbustus xalapensis*. Los cultivos principales de esta zona son: Maíz, frijol, trigo, hortalizas de zonas templadas, durazno, pera, manzana y aguacate (Mejía, 2002).

- **Bosque muy húmedo montano bajo subtropical:**

esta zona de vida cuenta con una precipitación pluvial de 2.065 - 3.900 mm, la biotemperatura es de 12,5 - 18,6 °C, con una altura sobre el nivel del mar de 1.800 - 3.000. La vegetación indicadora es: *Cupreanus lusitanica*, *Chiranthodendron pentadactylon*, *Pinus syacahuite*, *Pinus rudis*, *Abies guatemalensis*, *Pinus pseudostrobus*, *Aplus jorulensis*, *Quercus sp* (Nuez, 2001).

B. CULTIVO DE TOMATE

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada. El tomate en fresco se consume principalmente en ensaladas, cocido o frito. En mucha menor escala se utiliza como encurtido (Nuez, 2001).

Requerimientos para un buen cultivo.

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto (Nuez, 2001).

-Temperatura: es menos exigente en temperatura que la berenjena y el pimiento. La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30°C durante el día y entre 1 y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35°C afectan la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12-15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta. A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está influida por la temperatura, en cuanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas. No obstante, los valores de temperatura descritos, son meramente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos (Nuez, 2001).

-Humedad: la humedad relativa óptima, oscila entre un 60% y un 80%; humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto, esto dificulta la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Nuez, 2001).

-Luminosidad: valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad (Nuez, 2001).

-Suelo: la planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos sueltos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos enarenados. En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados. Es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego (Nuez, 2001).

-Fertilización carbónica: la aportación de CO₂ permite compensar el consumo de las plantas y garantiza el mantenimiento de una concentración superior a la media en la atmósfera del invernadero; así la fotosíntesis se estimula y se acelera el crecimiento de las plantas. Para valorar las necesidades de CO₂ de los cultivos en invernadero se necesitan realizar, en los diversos periodos del año, un balance de las pérdidas derivadas de la absorción por parte de las plantas, de las renovaciones de aire hechas en el invernadero y las aportaciones proporcionadas por el suelo a la atmósfera del mismo. Del enriquecimiento en CO₂ del invernadero depende la calidad, la productividad y la precocidad de los

cultivos. Hay que tener presente que un exceso de CO₂ produce daños debidos al cierre de los estomas, que cesan la fotosíntesis y pueden originar quemaduras. Los equipos más utilizados en la fertilización carbónica son los quemadores de gas propano y los de distribución de CO₂. En el cultivo del tomate las cantidades óptimas de CO₂ son de 700-800 ppm. En cuanto a los rendimientos netos dan incrementos del 15-25% en función del tipo de invernadero, el sistema de control climático, etc. (Nuez, 2001).

Marco de la plantación de tomate.

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad comercial cultivada. El más frecuentemente empleado es de 1,5 metros entre líneas y 0,5 metros entre plantas, aunque cuando se trata de plantas de porte medio es común aumentar la densidad de plantación a 2 plantas por metro cuadrado con marcos de 1 m x 0,5 m. Cuando se tutoran las plantas con perchas las líneas deben ser “pareadas” para poder pasar las plantas de una línea a otra formando una cadena sin fin, dejando pasillos amplios para la bajada de perchas (aproximadamente de 1,3 m) y una distancia entre líneas conjuntas de unos 70 cm (Nuez, 2001).

1. **Cultivo de tomate tradicional (sin invernadero).** La cosecha del tomate, es una actividad importante, pues de ella depende en gran parte la calidad final del fruto. Por ello debe hacerse cuando éstos alcancen su madurez fisiológica, la cual ocurre aproximadamente 65 ó 75 días después del trasplante, dependiendo de la variedad y del clima. Es preferible realizar esta labor en la mañana, cuando los frutos contienen más agua y por lo tanto mayor peso (Nuez, 2001).

Otro índice de recolección consiste en observar el color y la firmeza del producto. Si se cosechan los frutos bajo estos parámetros los tomates conservaran su consistencia, además facilita su manipulación y transporte sin que afecte la calidad (Nuez, 2001).

Tradicionalmente, la cosecha se lleva a cabo cuando los frutos se encuentran en un estado verde maduro, debido a que la tecnología en post-cosecha es todavía precaria. Cosechar en etapas incipientes de madurez, permite manipular este tipo de productos durante la cosecha, el embalaje, el transporte y la comercialización, sin que se presenten problemas graves que puedan afectar la calidad antes de llegar al consumidor final. Una vez el producto se cosecha, se debe eliminar el calor del tomate fresco, ya que la respiración es el resultado de una serie de reacciones enzimáticas cuya velocidad se reduce con la disminución de la temperatura (Nuez, 2001).

Existen tres conceptos básicos de madurez:

- **Madurez de cosecha o comercial:** es la etapa de desarrollo fisiológico del tomate en la que es apto para el consumo (Nuez, 2001).
- **Madurez de consumo:** en este momento las características organolépticas del producto son completas y armónicas para su consumo (Nuez, 2001).
- **Madurez fisiológica:** durante esta etapa todas las partes de los frutos están maduras y las semillas son aptas para la reproducción (Nuez, 2001).



Figura III.2 – Tomates recolectados –

2. Cultivo de tomate bajo invernadero. Esta alternativa permite a los productores independizar el cultivo de factores climáticos que lo afectan y ejercer un control sobre la producción final. Un logro importante del sistema bajo invernadero, es que ofrece la posibilidad de programar producciones y disminuir los efectos de las enfermedades, las cuales presenta por las lluvias permanentes, lo que ocasiona bajos rendimientos en los cultivos (Nuez, 2001).

Este sistema además, permite mejorar el proceso de fertilización del sustrato, optimizando la calidad y la productividad. La duración del ciclo de cultivo está directamente relacionada con el hábito de crecimiento y la temperatura. En condiciones de cultivo bajo invernadero, la producción de las plantas comienza a los 3 meses ó 3 meses y medio después del trasplante y el ciclo de cosecha puede durar en promedio 4 meses (Nuez, 2001).

Existen dos formas de ubicar las plantas en el invernadero. La primera es mediante surcos individuales con una distancia de 1 a 1.4 mts. entre surcos y de 30 a 50 cm. entre plantas. La segunda es el trasplante en surcos dobles, la cual requiere fabricar camas con una distancia de 50 a 60 cm. entre los dos surcos de la cama y de 40 a 50 cm. entre las plantas a lo largo del surco. La distancia de las camas varía de 1.40 a 1.60 mts. se dejan caminos de 0.8 a 1 mts. de ancho (Nuez, 2001).



Figura III.3 – Cultivo bajo invernadero –

C. PLAGUICIDAS.

Los plaguicidas químicos, son sustancias tóxicas utilizadas para aniquilar o controlar plagas como malas hierbas, insectos que amenazan los cultivos agrícolas o transmiten enfermedades a los seres humanos, hongos, roedores y otros organismos nocivos, lo cual conlleva beneficios indudables desde diversas perspectivas, ya sean sanitarias, sociales y económicas (De Nava *et al.*, 2000).

Sin embargo, su uso intensivo y ambientalmente descuidado lleva consigo el empobrecimiento de los suelos, de la biodiversidad, la contaminación de las fuentes subterráneas y superficiales de abastecimiento de agua (incluyendo las aguas costeras y marinas), además de daños a la salud de los trabajadores, consumidores y población en general (De Navas *et al.*, 2000).

Por ser tóxicos, los plaguicidas químicos pueden ser un riesgo desde diferentes perspectivas, lo cual se ejemplifica a continuación:

La biodiversidad puede ser afectada, por los plaguicidas, de dos maneras:

1. Directamente; al matar o interferir con procesos biológicos de organismos no blanco de su acción, reducir la diversidad de especies y el tamaño de las poblaciones. Los impactos directos comprenden una variedad de efectos agudos o inmediatos, hasta efectos tóxicos subcrónicos o crónicos, que incluyen la biomagnificación de la concentración de los plaguicidas a través de las cadenas alimentarias (De Navas *et al.*, 200).
2. Indirectamente; la biodiversidad es afectada por la muerte de plantas expuestas a herbicidas, en las cuales suelen vivir, reproducirse o alimentarse insectos y hongos que son la fuente de alimento de numerosas especies de aves y mamíferos. Al reducirse la abundancia de una gran variedad de plantas, insectos y hongos, disminuye también el número de aves y mamíferos (De Navas *et al.*, 2000).

Los plaguicidas sólo deben usarse cuando el daño potencial a los cultivos que puede producir el organismo nocivo es superior al costo de las aplicaciones

que se efectúen. Todos los plaguicidas, son tóxicos para el hombre y pueden producir enfermedades agudas cuando una dosis excesiva de la sustancia entra al organismo, o enfermedades crónicas cuando pequeñas dosis repetidas durante largo tiempo son absorbidas (Sandoval, 1983).

El uso desmedido de plaguicidas, suele destruir a los enemigos naturales de las plagas, tales como los predadores y parásitos, lo cual contribuye a la aparición de plagas secundarias, de menor control. Investigadores de la Organización Mundial de la Salud (OMS) estiman, además, que cerca de tres millones de personas sufren cada año de envenenamientos agudos y severos por exposición a los plaguicidas, de los cuales unos veinte mil pueden morir, también existen las evidencias de la capacidad de algunos plaguicidas de ocasionar cánceres, efectos reproductivos y neurológicos, los cuales pueden tardar años en manifestarse (De Navas *et al.*, 2000).

Guatemala es un país agrícola, con 32% de su territorio dedicado a la agricultura. Casi dos millones de personas viven en contacto directo con plaguicidas. En 1994 se importaron 5,7 millones de kilogramos de plaguicidas (lo que representa 0,5kg por habitante). El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social realiza controles periódicos de residuos de plaguicidas en alimentos de consumo humano. En 1995, de 72 muestras analizadas solamente en 2 se hallaron niveles superiores al límite máximo establecida por la FAO/OMS (Ochoa, 1998).

El uso de plaguicidas, determina un número importante de intoxicaciones accidentales y laborales cada año. No se conocen las cifras exactas de intoxicaciones agudas por plaguicidas, pero según las notificaciones del IGSS en 1993 hubo 282 casos, en 1994, 237 y en 1996, 80. Cerca de 90% de las intoxicaciones, se producen en hombres y en tres cuartas partes de los casos los intoxicados son jornaleros. Los plaguicidas que más frecuentemente causan intoxicaciones agudas son los organofosforados (Ochoa, 1998).

El segundo grupo más utilizado son los carbamatos. Los carbamatos actúan de forma similar a los compuestos organofosforados. Sin embargo, la

acción de los carbamatos es más rápida y más fácilmente reversible, pero las intoxicaciones pueden ser igualmente graves (Sandoval, 1983).

D. ORGANOFOSFORADOS.

El surgimiento de estos plaguicidas fue posterior a la Segunda Guerra Mundial, como consecuencia de la síntesis del organofosfato de “gases neurotóxicos” a sarina sooman y tabum. Desde entonces, sustituyen en gran parte a los plaguicidas inorgánicos y a los organoclorados, como los principales insecticidas utilizados en la agricultura. Varios de ellos son hidrosolubles, lo que permite utilizarlos como insecticidas sistémicos (demeton, dimetoato, fosfamidón, entre otros). Muchos son muy tóxicos y en consecuencia están restringidos, pero aún se utiliza en gran medida en agricultura (LaDou, 1999).

Los plaguicidas organofosforados son sustancias orgánicas de síntesis, conformadas por un átomo de fósforo unido a 4 átomos de oxígeno o en algunas sustancias a 3 de oxígeno y uno de azufre, figura 1. Una de las uniones fósforo – oxígeno es bastante lábil y el fósforo liberado de este “grupo libre” se asocia a la acetilcolinesterasa inhibiendo la transmisión nerviosa y provocando la muerte (Morgan, 1989).

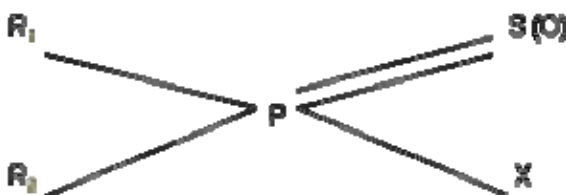


Figura III.4

Estructura organofosforados

Los plaguicidas organofosforados, envenenan a insectos y mamíferos principalmente por la fosforilación de la enzima acetilcolinesterasa (ACE) en las terminaciones nerviosas. La enzima es imprescindible para el control normal de la transmisión de los impulsos nerviosos, que van desde las fibras nerviosas hasta las células nerviosas en los ganglios autónomos y en el cerebro. Antes que se manifiesten signos y síntomas de envenenamiento, debe inactivarse una proporción importante de la enzima tisular por la fosforilación (Morgan, 1989).

Cuando la dosis es suficiente, la pérdida de la función enzimática permite la acumulación de acetilcolina, figura 5, (acetilcolina, AC, la sustancia que transmite el impulso) en las uniones colinérgicas neuroefectoras (efectos muscarínicos), en las uniones mioneurales del esqueleto y los ganglios autónomos (efectos nicotínicos) y en el cerebro, figura 6 (Morgan, 1989).

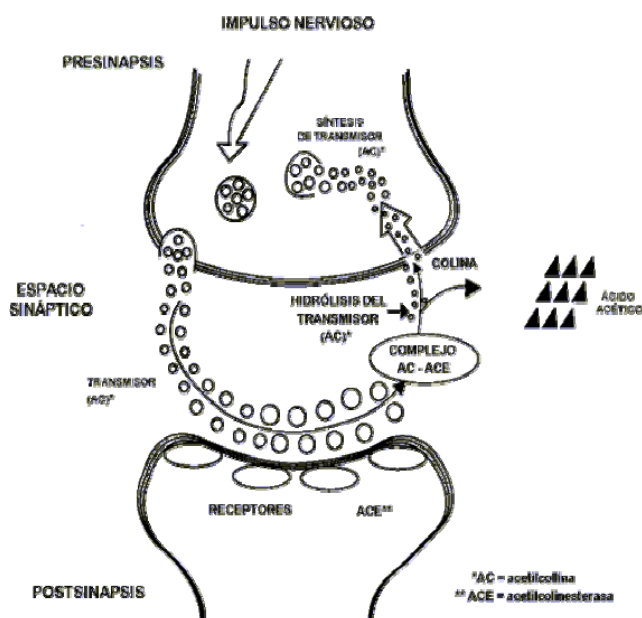


Figura III.5 – sinapsis con acetilcolina

Una concentración alta de AC en las uniones colinérgicas nerviosas con el músculo liso y las células glandulares causa contracción del músculo y secreción, respectivamente. En las uniones músculo – esqueléticas, el exceso de AC puede ser excitatorio (causa espasmos musculares), pero también puede debilitar o paralizar la célula, despolarizando la placa terminal. Altas concentraciones de AC en el cerebro causan alteraciones sensoriales y de comportamiento, incoordinación y depresión de la función motora. La depresión respiratoria y el edema pulmonar son las causas usuales de muerte en el envenenamiento por organofosforados. La recuperación, depende en última instancia, de la generación de nuevas enzimas en todos los tejidos críticos (Morgan, 1989).

Se absorben con facilidad por inhalación, ingestión y penetración dérmica. Hasta cierto punto, la aparición del envenenamiento depende de la proporción en que se absorbe el plaguicida. Estos plaguicidas difieren entre sí por su solubilidad en lípidos y, en consecuencia, por su distribución en el cuerpo, en particular, hacia el sistema nervioso central (LaDou, 1999).

La degradación del plaguicida, ocurre principalmente por hidrólisis hepática; el grado de hidrólisis varía de un compuesto a otro. En el caso de

ciertos plaguicidas organofosforados cuya degradación es relativamente lenta, puede ocurrir un almacenamiento temporal significativo en grasa corporal (Morgan, 1989).

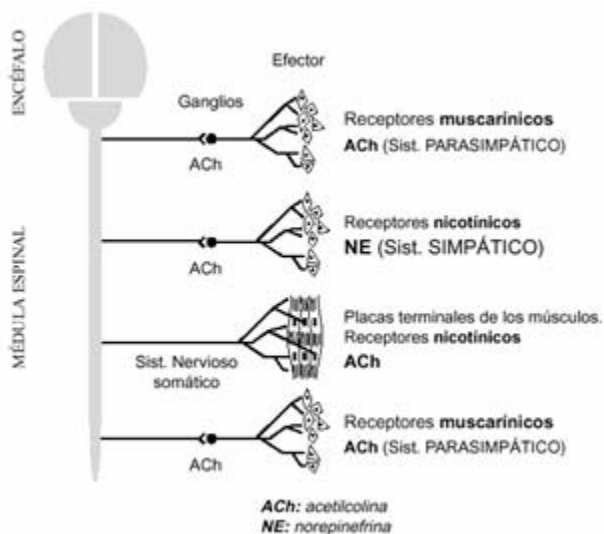


Figura III.6 – Receptores nerviosos



Figura III. 7 – Estructuras

Muchos plaguicidas organofosforados, se convierten con facilidad de tionos ($P=S$) a oxones ($P=O$). La conversión ocurre en el ambiente, bajo la influencia de oxígeno y luz y, en el cuerpo, principalmente por la acción de los microsomas hepáticos. Los -oxones son mucho más tóxicos que los -tionos, pero se inactivan con más facilidad que éstos. Por último, tanto los -tionos como los -oxones se hidrolizan en la unión éster para producir fosfatos de alquilo y grupos salientes. Estos últimos son de relativa baja toxicidad y se excretan directamente o sufren una transformación posterior antes que el cuerpo los elimine (Morgan, 1989).

SIGNOS Y SÍNTOMAS.

La intoxicación aguda aparece durante la exposición a ellos o en las doce horas siguientes al contacto. Ocasiona debilidad, dolor de cabeza, temblor, mareo, sudoración, lagrimeo, salivación profusa, dolores abdominales, visión borrosa o doble, bradicardia, diarrea e incontinencia urinaria, broncoconstricción,

convulsiones, estado de coma, arritmia, paro cardiaco y respiratorio (Henao y Nieto, 1999).

Cuadro III. 2 – Signos y síntomas de envenenamiento grave por organofosforados según el sitio de actividad del neurotransmisor acetilcolina –

Sistema	Tipo de receptor	Órgano	Acción	Signo o síntoma
Parasimpático	Muscarínico	Ojo, músculo del iris, músculo ciliar	Contracción	Miosis
Simpático			Contracción	Visión borrosa
		Glándula: lagrimales, salivales, respiratorias, digestivas, urinarias, sudoríparas	Secreción	Lagrimo, salivación, edema pulmonar, náuseas, vómitos, diarrea, micción, sudoración
		Corazón: nodo sinusal, nodo AV	Lentitud; aumento del periodo refractario	Bradicardia, arritmias, bloqueo cardiaco
		Músculo liso: bronquial, digestivo	Contracción	Broncoconstricción
		Pared, esfínter	Relajación	Vómitos, cólicos, diarrea
		Vejiga, fondo, esfínter	Contracción, relajación	Micción, incontinencia
Neuromuscular	Nicotínico	Esquelético	Excitación	Fasciculaciones, calambres seguidos de debilidad, pérdida de reflejos, parálisis
Nervioso central		Cerebro	Excitación (temprana)	Cefaleas, mareos, malestar, aprensión, confusión, conducta maniaca o caprichosa, convulsiones
			Excitación (tardía)	Depresión, después pérdida del conocimiento; depresión respiratoria

(LaDou, 1999)

TRATAMIENTO.

Antídotos: se debe utilizar atropina y en algunos casos puede ser necesaria la utilización de oximas (pralidoxima, obidoxima) (Henao y Nieto, 1999).

- Atropina: actúa controlando las manifestaciones muscarínicas

Dosis:

- Adultos: 1-5 mg/dosis.
- Niños: 0.01-0.05 mg/kg de peso corporal.

La dosis debe aplicarse cada 5-10 minutos hasta obtener atropinización (rubor facial, resequedad de mucosas, taquicardia, midriasis) (Henao y Nieto, 1999).

- Oximas: actúan reactivando la enzima acetilcolinesterasa, al liberarla de la molécula de plaguicida. La dosis de pralidoxima debe administrarse de acuerdo al siguiente esquema. Se usan después de la atropina, cuando la administración de la primera dosis no ha provocado atropinización, lo que confirma el diagnóstico (Henao y Nieto, 1999). En Guatemala sólo se consigue atropina.
- Dosis inicial: **adultos** y niños mayores de 12 años 1-2 gramos diluidos en 100-200 mL de suero glucosado al 5% o solución salina isotónica. Pasar a no más de 0.2 gramos por minuto (10-20 mL-min.) (Henao y Nieto, 1999).
- Niños menores de 12 años: 20-40 mg/kg de peso corporal, diluido en solución a razón de 10 mL/kg de peso corporal. Debe inyectarse muy lentamente. Continuar con infusión de mantenimiento de una solución al 1% (1 gramo en 100 mL de solución salina isotónica). Administrar a la dosis de 200-500 mg/hora en adultos y 5-10 mg/kg/hora en niños (Henao, 1999).

E. CARBAMATOS.

Al igual que los plaguicidas organofosforados, los carbamatos son inhibidores de la colinesterasa pero con algunas diferencias con los primeros, figura 5. Causan una inhibición reversible de dichas enzimas, porque la unión enzima-carbamil es reversible, lo que origina un síndrome clínico más benigno con una duración más corta, en las intoxicaciones por insecticidas organofosforados esta unión es irreversible. A diferencia de los organofosforados tienen muy mala penetración al sistema nervioso central, por ello la presentación clínica de esta intoxicación recuerda la de las intoxicaciones por insecticidas organofosforados con la excepción de originar pocos efectos

sobre el sistema nervioso central, con convulsiones muy raras en la clínica. Los valores de colinesterasa en suero y hematíes retornan a su valor normal a las pocas horas, por ello en muchas ocasiones su determinación será normal cuando el paciente acude al Hospital (Córdoba *et al.* 2000).

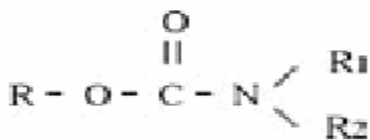


Figura III.8 – Estructura carbamatos

Estos compuestos tienen una estructura química basada en el ácido carbámico, con una serie de radicales que le dan la acción anticolinesterásica, en el caso de añadir un radical bencénico al éter de oxígeno o bien un hidrógeno o un radical metomilo al átomo de nitrógeno dando lugar a los metil y dimetilcarbamatos. Los ditiocarbamatos tienen actividad antifúngica y herbicida, con poco efecto anticolinesterásico (Córdoba *et al.*, 2000).

No existen diferencias importantes con respecto a la sintomatología encontrada en las intoxicaciones por organofosforados, suele haber un predominio de síntomas muscarínicos, debido a su mínima penetración en el sistema nervioso central. Al ser la unión a la enzima colinesterasa reversible, la duración de estas manifestaciones es mucho menor. Se han descrito efectos tóxicos, en distintos órganos en todo sobre el parénquima renal (Córdoba *et al.*, 2000).

Las intoxicaciones por ditiocarbamatos, pueden ser graves, sobre todo si se asocian a consumo de alcohol. Pueden inhibir la dopamina hidroxilasa con la consiguiente disminución de la síntesis de noradrenalina, lo que puede conducir a shock en ocasiones irreversible. Se han descrito casos con afectación del sistema nervioso central y periférico, así como fracaso renal agudo por acción directa del tóxico (Córdoba *et al.*, 2000).

La evolución suele ser favorable en la mayoría de los casos, siempre que no haya complicaciones intercurrentes, debido a la corta duración del efecto tóxico. Algunos trabajadores muestran neurotoxicidad retardada por

carbamatos, que es infrecuente y con recuperación completa en la mayoría de los casos (Córdoba *et al.*, 2000).

TRATAMIENTO.

Administración de:

- Atropina: controla las manifestaciones muscarínicas.

Dosis: Adultos: 1-5 mg/dosis.

Niños: 0.01-0.05 mg/kg de peso corporal.

La dosis debe ser aplicada cada 5-10 minutos, hasta obtener atropinización (rubor facial, resequedad de mucosas, taquicardia, midriasis). Las oximas están contraindicadas por no ser de utilidad (Henaó y Nieto, 1999).

IV. MARCO METODOLÓGICO

A. OBJETIVOS.

1. Generales:

- a. Determinar los valores de actividad de la colinesterasa eritrocitaria en agricultores que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala.
- b. Generar información referente a los riesgos que conlleva el uso de plaguicidas organofosforados y carbamatos, y que la misma sea distribuida a los agricultores que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala.

2. Específicos:

- a. Identificar los plaguicidas organofosforados y carbamatos utilizados relacionados con los signos o síntomas presentados por los agricultores que cultivan tomate en el departamento Sacatepéquez, Guatemala.
- b. Determinar si la actividad de la enzima colinesterasa eritrocitaria en agricultores que cultivan tomate en esa área esta inhibida.
- c. Determinar si existe alguna diferencia significativa en los niveles de actividad de la enzima entre agricultores que cultivan tomate, que trabajan bajo el sistema con y sin invernadero.
- d. Elaborar un folleto informativo sobre el uso adecuado de los plaguicidas organofosforados y carbamatos, dirigido a los agricultores que se dedican a la producción de tomate.

B. HIPÓTESIS.

Los valores de actividad de colinesterasa eritrocitaria de los agricultores que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala, se

encuentran por debajo del valor de referencia eritrocitaria de la población guatemalteca, 0.689 U/hora (Proyecto PLAGSALUD, 2001).

C. VARIABLES.

1. Independientes:

- a. Plaguicidas utilizados, además de organofosforados y carbamatos.
- b. Concentración de plaguicidas, organofosforados y carbamatos, utilizado para la aplicación en cultivos.
- c. Tiempo de uso de plaguicidas.

2. Dependientes:

- a. Valor de actividad de colinesterasa eritrocitaria en muestra.
- b. Porcentaje de enzima inhibida por plaguicida.

D. POBLACIÓN.

El universo de trabajo, fueron todos los agricultores activos que se dedican a la siembra de tomate que trabajan en fincas del departamento de Sacatepéquez, Guatemala; expuestos por aplicación directa de plaguicidas organofosforados y carbamatos durante los periodos de fumigación sin invernadero y con invernadero.

E. MUESTRA.

Treinta agricultores activos que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala, que donaron una muestra de sangre para la realización de este estudio (Anexo D – *Localización de fincas en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala*).

PLAN DE VISITA A FINCAS¹

Nombre de finca o nombre de responsable	Municipio	Fecha
Finca 1	Antigua Guatemala	20/07/07
Finca 2	Antigua Guatemala	27/08/07
Finca 3 y 4	Pastores	27/08/07
Finca 5 y 6	Ciudad Vieja	31/08/07
Finca 7 y 8	San Miguel Dueñas	31/08/07
Finca 9 y 10	San Miguel Dueñas	31/08/07
Finca 11 y 12	San Juan Alotenango	03/09/07
Finca 13 y 14	San Antonio Aguas Calientes	03/09/07
Finca 15 y 16	Santa Catarina Barahona	07/09/07
Finca 17 y 18	Sumpango	07/09/07
Finca 19 y 20	Santo Domingo Xenacoj	07/09/07
Finca 21 y 22	Santa Lucia Milpas Altas	10/09/07
Finca 23	Magdalena Milpas Altas	10/09/07
Finca 24	Santiago Sacatepéquez	10/09/07

F. PROCEDIMIENTO.

Revisión de bibliografía y recaudación de información referente al tema.

Selección del área de trabajo para recolección de muestras.

Aceptación de cada agricultor para donar una muestra de sangre completa (*Anexo B - Boleta de consentimiento informado*).

Extracción de muestra de sangre completa, 5 ml, colocada en tubo con heparina como anticoagulante.

Identificación de cada tubo y refrigeración del mismo a una temperatura entre 3°C a 5°C.

Análisis de las muestras e interpretación de resultados.

¹ Datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación – MAGA –

1. Procedimiento de análisis de colinesterasa eritrocitaria: calibrar el medidor de pH con soluciones buffer de diferentes valores de pH, se puede utilizar soluciones de pH 7 y pH 4. Si dichas soluciones estuviesen por encima del pH específico ajustar con HCl 0.1N hasta 8.10 (para eritrocitos), con gotas hasta llegar al pH deseado.

Medir exactamente 0.02mL de eritrocitos con una micropipeta, colocarlos en un tubo centrífuga graduado, que contenga 1.0mL de solución de NaCl 0.9% y agitar suavemente.

Lavar los eritrocitos con centrifuga a 2,000 RPM durante 5 a 10 minutos. Descartar el sobrenadante, transferirlo con una pipeta, dejar en el tubo aproximadamente 0.2mL.

Agregar 1.0mL de solución de saponina 0.01% para hemolizar los eritrocitos. Dejar reposar aproximadamente unos 10 minutos y seguidamente medir y anotar el pH inicial (pH1). Descartar la prueba si el pH resulta menor a 7.97. Agregar 0.2mL de sustrato de acetilcolina para eritrocitos, agitar suavemente. Registrar el tiempo (T1).

Para que se produzca la reacción enzimática dejar en reposo durante 60 a 90 minutos a 25°C.

Por último, medir el pH final (pH2) y registrar el tiempo (T2) exacto en cual se hace la lectura. (Minera, 2002)

a. Observaciones al procedimiento anterior: debido a que la vida media de los eritrocitos en solución salina es de 120 días, la actividad enzimática disminuirá en los eritrocitos más antiguos. Es por ello que lo ideal es llevar a cabo el análisis el mismo día de la recolección.

Es mejor si se utiliza un potenciómetro con una incertidumbre de dos cifras, por ejemplo pH 4.00 y cuyo valor de pendiente no baje de 54mV/ Δ pH.

Los electrodos deben tener un valor de eficiencia entre 90% y 105%, si es menor, se debe limpiar o cambiar.

Todo debe permanecer a temperatura controlada, 25°C.

Las soluciones buffer también tienen una vida media corta (una semana en refrigeración) (Minera, 2002).

G. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

La muestra consistirá en 5mL de sangre completa que se extraerá a cada agricultor, se almacenará en tubos con heparina como anticoagulante, será trasladada y analizada en el Laboratorio del Centro de Información y Asesoría Toxicológica (CIAT) / Departamento de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad San Carlos de Guatemala.

H. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

La selección de la muestra aleatoria representativa de la población se llevó a cabo utilizando la teoría del muestreo:

$$n = \frac{N * Z S}{ND + ZS}$$

Ecuación 1

Donde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Total de la población a muestrear.

Z = Valor que comprende el 95% de confiabilidad de muestreo (1.96 ≈ 2).

S = Varianza máxima de una población (0.25).

D = Valor de precisión de muestreo (0.016).

Para el análisis de los resultados se aplica Estadística Descriptiva y el cálculo de porcentajes, para determinar si se encuentra cerca o no del valor de referencia de la actividad enzimática, los resultados se presentarán en cuadros y gráficas.

V. MARCO OPERATIVO

A. RECABACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS.

Los resultados se obtuvieron por medio del Método de Michel para el análisis del nivel de la enzima colinesterasa eritrocitaria. El cambio de pH se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta pH / hora = \left\{ \left[\frac{pH1 - pH2}{T2 - T1} \right] - b \right\} \times f$$

Ecuación 2

En donde:

pH1 = pH inicial

pH2 = pH final

T1 = tiempo, en horas, en el cual se agrega la acetilcolina.

T2 = tiempo, en horas, en el cual se lleva a cabo la lectura.

B = corrección por la hidrólisis no enzimática correspondiente a pH2.

F = corrección para las variaciones en $\Delta pH / hora$ con pH correspondiente a pH2.

B. RECURSOS.

1. Recursos humanos:

- a. Autora: Jenny Mariela Santisteban Bautista
- b. Asesora: Lda. Carolina Guzmán, Departamento de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2. Recursos materiales:

- a. Equipo:
 - Potenciómetro Fisher 50 con microelectrodo, con corrección de temperatura, calibración de dos puntos.
 - Centrífuga clínica.
 - Balanza analítica.

- Baño para temperatura constante.
- Cronómetro.
- Pipeta automática.

b. Reactivos:

- Buffer para eritrocitos: se disolvió 4.1236g de barbital sódico, 0.5446g de fosfato monobásico de potasio, en 900mL de agua destilada. Ambos previamente desecados a 110°C durante dos horas; 44.730g de cloruro de potasio y 28mL de ácido clorhídrico 0.1N; se llevó a volumen de 1.0L. El pH debe ser de 8.10 a 25°C.
- Sustrato de acetilcolina para eritrocitos (0.11M): se pesó 0.02g de cloruro de acetilcolina por mililitro de agua destilada hervida y fría.
- Solución de saponina al 0.01%.
- Solución de cloruro de sodio al 0.9%.

c. Cristalería:

- Tubos Vacutainer con heparina.
- Tubos graduados de 12 y 15mL para centrifuga.
- Tubos de ensayo de 15mL.
- Pipetas Pasteur.
- Beakers de 5 y 500mL.
- Balones volumétricos de 10, 100, 250 y 1000mL.

C. Aspectos económicos

La ejecución del estudio requirió de los siguientes recursos:²

Cuadro V.1 – Aspectos económicos –

RECURSOS	PRECIO
Gasolina	Q 800.00
Tubos con Heparina (100 tubos)	Q 100.00
Hielera y enfriamiento de muestras	Q 150.00
Computadora	Q 1,000.00
Impresiones	Q 400.00
Papel	Q 250.00
Análisis de actividad de colinesterasa eritrocitaria x 30 muestras ³	Q 3,000.00
TOTAL	Q 8,700.00

Nota: El costo de este trabajo de investigación estuvo a cargo de la investigadora.

² Los precios son un promedio, los cuales pueden variar de acuerdo al tiempo, a la cantidad y marca.

³ El número de muestras puede variar.

VI. PROGRAMA

Mes	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Actividad																
1		X	X	X												
2				X												
3					X	X	X									
4								X	X	X						
5										X	X	X				
6												X	X	X		

Actividades:

1) Revisión bibliográfica.

Duración: tres semanas. (Julio 9 – Julio 27)

2) Elaboración del plan de investigación.

Duración: cuatro días (Julio 29 – Agosto 1)

3) Presentación del protocolo / aprobación

Duración: tres semanas (Agosto 2 – Agosto 24)

4) Muestreo, obtención de las mismas y análisis de muestras (parte experimental.)

Duración: tres semanas (Agosto 27 – Septiembre 7)

5) Análisis y discusión de resultados.

Duración: dos semanas (Septiembre 10 – Septiembre 21)

6) Elaboración del informe de investigación.

Duración: dos semanas (Septiembre 24 – Octubre 5)

VII. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en esta investigación:

Cuadro VII. 1 - Muestreo en fincas productoras de tomate, agosto y septiembre 2007, Departamento de Sacatepéquez, Guatemala.

	Fincas con cultivo sin invernadero	Fincas con cultivo bajo invernadero
Número de municipios	4	8
Número de pacientes muestreados	11	19
Tiempo de muestra	Sangre	Sangre
Condiciones de muestra	Muestra en tubo de plástico con anticoagulante heparina. Temperatura: 2 – 8°C.	Muestra en tubo de plástico con anticoagulante heparina. Temperatura: 2 – 8°C.
Análisis realizado	Actividad de colinesterasa eritrocitaria.	Actividad de colinesterasa eritrocitaria.

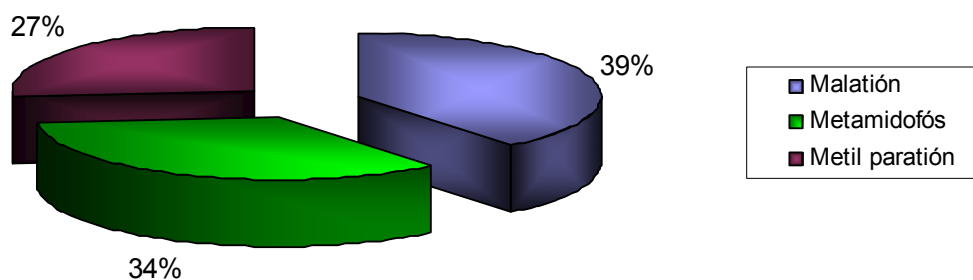
Cuadro VII. 2 – Plaguicidas organofosforados y carbamatos utilizados por los agricultores en fincas productoras de tomate, Departamento de Sacatepéquez, Guatemala.

Paciente No.	Plaguicidas		Frecuencia de uso	Condiciones de almacenamiento	Protección personal
	Organofosforados	Carbamatos			
1	1. Metamidofos 2. Malatión	1. Metomil	Cada 2 días.	Bodega especial para químicos.	Mascarilla
2	1. Metamidofos 2. Malatión	1. Metomil	Cada 2 días.	Bodega especial para químicos.	Mascarilla
3	1. Metamidofos 2. Malatión	1. Metomil	Cada 2 días.	Bodega especial para químicos.	Mascarilla
4	1. Metamidofos 2. Malatión	1. Metomil	Cada 2 días.	Bodega especial para químicos.	Sin protección
5	1. Metil paratión 2. Malatión	1. Metomil 2. Carbaril	3 veces por semana.	Bodega especial para químicos.	Sin protección
6	1. Metil paratión 2. Malatión	1. Metomil 2. Carbaril	3 veces por semana.	Bodega especial para químicos.	Sin protección
7	1. Metil paratión 2. Metamidofos 3. Malatión	1. Metomil	1 – 2 veces por semana.	Bodega especial para químicos.	Sin protección
8	1. Phoxim 2. Malatión	1. Metomil	Aproximadamente 3 veces por semana.	Bodega especial para químicos.	Sin protección
9	1. Phoxim 2. Malatión	1. Carbaril	Aproximadamente 3 veces por semana.	Bodega especial para químicos.	Mascarilla
10	1. Metil paratión 2. Metamidofos 3. Malatión	1. Metomil	Cada 2 días.	Bodega especial para químicos.	Mascarilla
11	1. Phoxim 2. Malatión	1. Metomil	2 – 3 veces por semana.	Bodega especial para químicos.	Sin protección
12	1. Phoxim 2. Malatión	1. Metomil	2 – veces por semana.	Bodega especial para químicos.	Sin protección

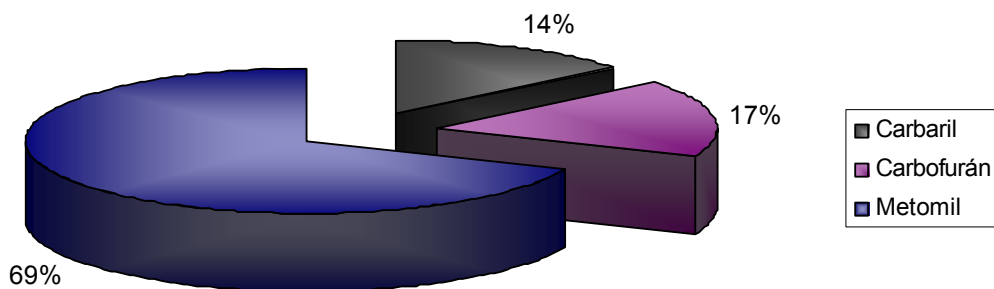
Continuación Cuadro VII.2

Paciente No.	Plaguicidas		Frecuencia de uso	Condiciones de almacenamiento	Protección personal
	Organofosforados	Carbamatos			
13	1. Malatión 2. Metamidofos	1. Metomil	3 veces por semana.	Bodega especial para químicos.	Mascarilla
14	1. Metamidofos	1. Metomil	Cada 2 días.	Caja con resto de químicos debajo de la pila.	Sin protección
15	1. Metamidofos 2. Metil paratión	1. Metomil	Cada 2 días.	Bodega pequeña especial para químicos.	Sin protección
16	1. Malatión 2. Metamidofos	1. Metomil 2. Carbaril	Cada 2 días.	Bodega/vestuario para químicos, semillas, herramientas.	Sin protección
17	1. Malatión 2. Metamidofos	1. Metomil	1 – 3 veces por semana, depende la necesidad.	Bodega/vestuario para químicos, semillas, herramientas.	Sin protección
18	1. Metil paratión 2. Metamidofos	1. Metomil	1 – 3 veces por semana, depende la necesidad.	Caja con resto de químicos debajo de la pila.	Sin protección
19	1. Malatión 2. Phonix 3. Metil paratión	1. Carbofurán 2. Metomil	2 veces por semana.	Bodega pequeña con resto de químicos y herramientas.	Mascarilla
20	1. Malatión 2. Phonix 3. Metil paratión	1. Carbofurán 2. Metomil	2 veces por semana.	Bodega pequeña con resto de químicos y herramientas	Sin protección
21	1. Malatión 2. Metil paratión	1. Carbofurán	3 veces por semana.	Caja con resto de químicos debajo de la pila.	Sin protección
22	1. Metamidofos 2. Malatión 3. Metil paratión	1. Metomil	3 veces por semanas.	Junto con equipo de fumigación bajo láminas.	Sin protección
23	1. Metamidofos 2. Malatión 3. Metil paratión	1. Metomil	3 veces por semana.	Junto con equipo de fumigación bajo láminas.	Sin protección
24	1. Malatión 2. Metil paratión	1. Carbofurán	2 – 3 veces por semana.	Caja con resto de químicos en cuarto dentro de su casa.	Sin protección
25	1. Metamidofos	1. Metomil	2 – 3 veces por semanas.	Debajo de la pila.	Sin protección
26	1. Metil paratión 2. Malatión	1. Metomil	3 veces por semana.	Bodega pequeña con químicos, semillas y herramientas.	Sin protección
27	1. Metamidofos	1. Carbaril	3 veces por semana.	Bodega pequeña con resto de químicos, semillas y herramientas.	Sin protección
28	1. Metamidofos	1. Metomil	1 – 2 veces por semana.	Debajo de la pila.	Sin protección
29	1. Metamidofos 2. Metil paratión	1. Carbofurán	2 veces por semana.	En una esquina dentro de la casa.	Sin protección
30	1. Metamidofos 2. Metil paratión	1. Carbofurán	2 veces por semana.	En una esquina dentro de la casa.	Sin protección

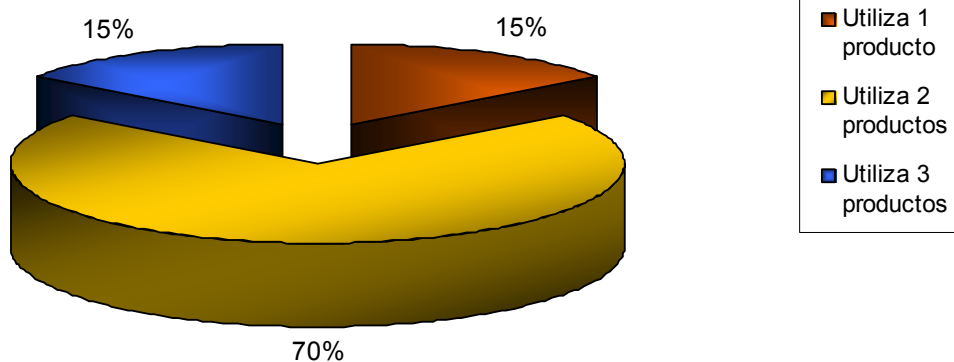
Gráfica VII. 1
Plaguicidas organofosforados utilizados por agricultores que
cultivan tomate en el Departamento de Sacatepéquez,
Guatemala.



Gráfica VII. 2
Plaguicidas carbamatos utilizados por agricultores que
cultivan tomate en el Departamento de Sacatepéquez,
Guatemala.



Gráfica VII. 3
Porcentaje de mezcla de plaguicidas organofosforados utilizados por los agricultores que cultivan tomate en el Departamento de Sacatepéquez, Guatemala.



Gráfica VII. 4
Porcentaje de mezcla de plaguicidas carbamatos utilizados por los agricultores que cultivan tomate en el Departamento de Sacatepéquez, Guatemala.

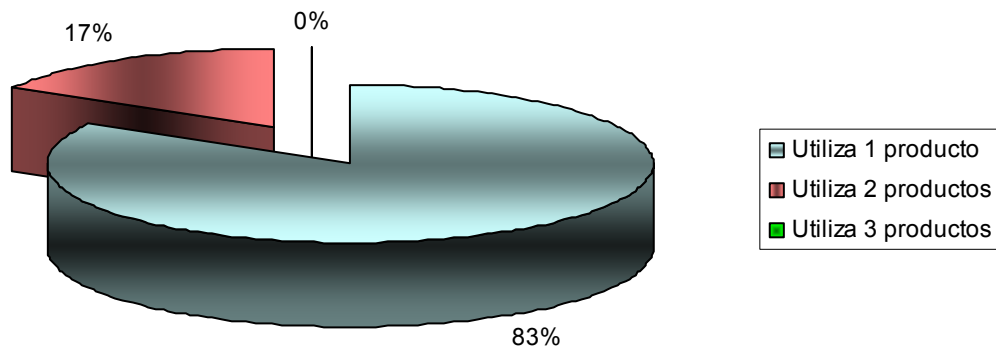
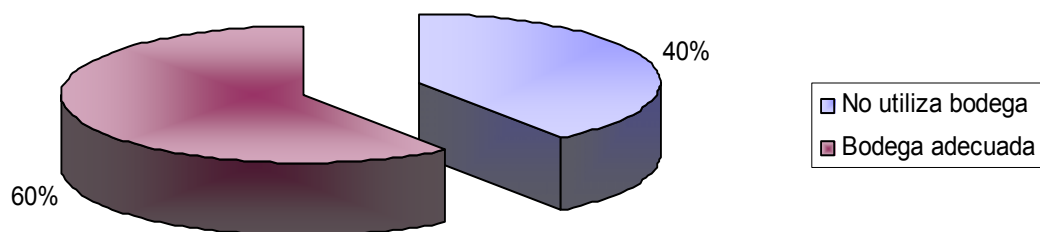
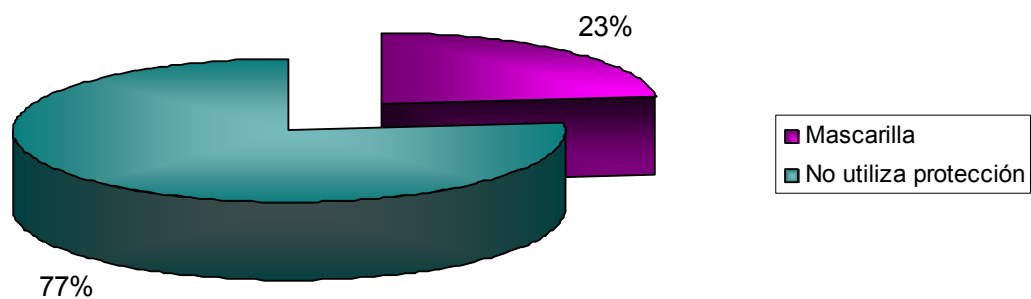


Gráfico VII. 5
Condiciones de almacenamiento



Gráfica VII.6
Uso de equipo de protección personal



Cuadro VII. 3 – Signos y síntomas en trabajadores de fincas de tomate del Departamento de Sacatepéquez, Guatemala.

Paciente No.	Signos y síntomas
1	No reportó síntomas.
2	Cefalea, vómitos, diarrea.
3	Cefalea, mareos, diarrea, decaimiento.
4	Cefalea y mareos.
5	No reportó síntomas.
6	Cefalea, mareos, visión borrosa, dificultad para respirar.
7	Alergia, síntomas de gripe continuamente, decaimiento.
8	Se alteran los nervios.
9	No reportó síntomas.
10	Náuseas ocasionalmente.
11	Decaimiento y visión borrosa.
12	Falta de apetito.
13	Cefalea continuamente.
14	No reportó síntomas.
15	No reportó síntomas.
16	No reportó síntomas.
17	No reportó síntomas.
18	Diarrea y vómitos ocasionalmente.
19	Cefalea, mareos y falta de apetito.
20	No reportó síntomas.
21	No reportó síntomas.
23	Cefalea continuamente.
24	Diarrea.
25	Debilidad y mareos.
26	No reportó síntomas.
27	No reportó síntomas.
28	Falta de apetito.
29	Dificultad de para respirar y visión borrosa.
30	Decaimiento y mareos.

Gráfica VII. 7
Presentación de signos y síntomas en los trabajadores relacionado al uso de plaguicidas organofosforados y carbamatos.

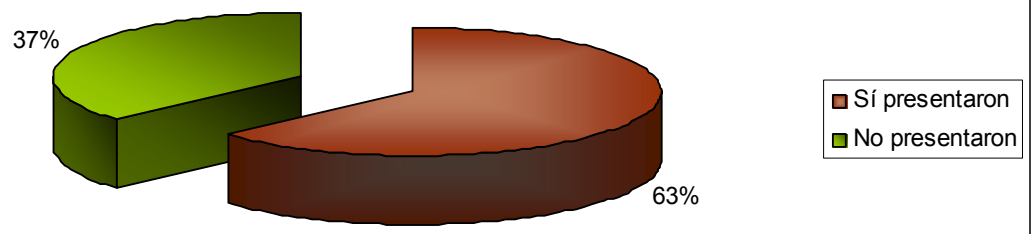
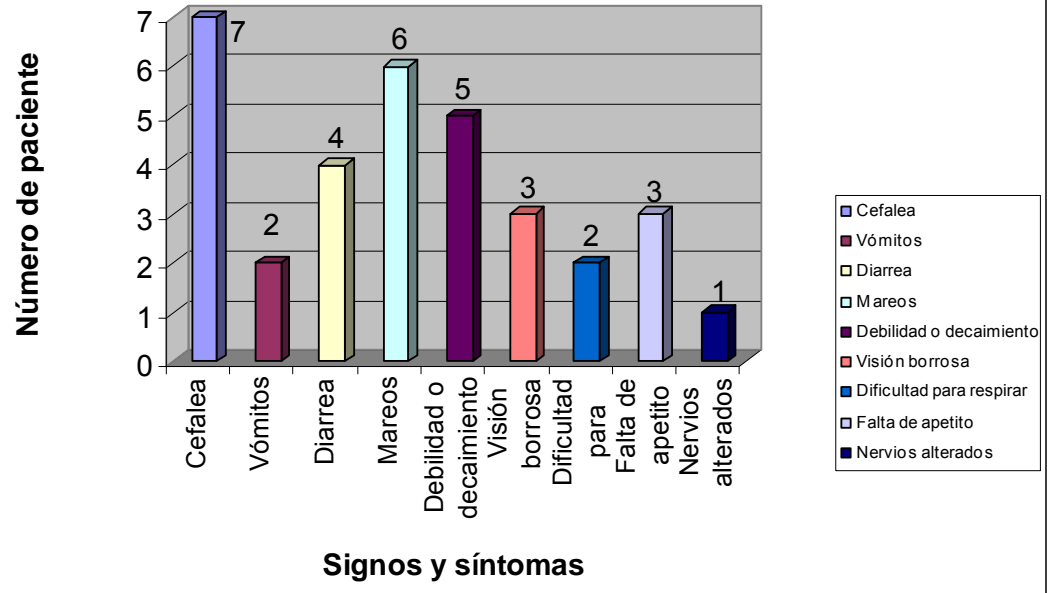


Gráfico VII. 8
Detalle de signos y síntomas presentados



Cuadro VII. 4 – Niveles de actividad de colinesterasa eritrocitaria en trabajadores de fincas de tomate bajo invernadero del Departamento de Sacatepéquez, Guatemala.

Paciente No.	Edad (años)	Sexo	Actividad de colinesterasa eritrocitaria (U/H)*
1	47	M	0.72
2	17	M	0.82
3	42	M	0.77
4	18	M	0.63
5	36	M	0.92
6	19	M	0.67
7	25	M	0.64
8	36	M	0.73
9	30	M	0.67
10	22	M	0.54
11	49	M	0.61
12	49	M	0.65
13	22	M	0.68
14	25	M	0.72
15	40	M	0.75
16	46	M	0.74
17	17	M	0.75
18	15	M	0.55
19	47	M	0.68

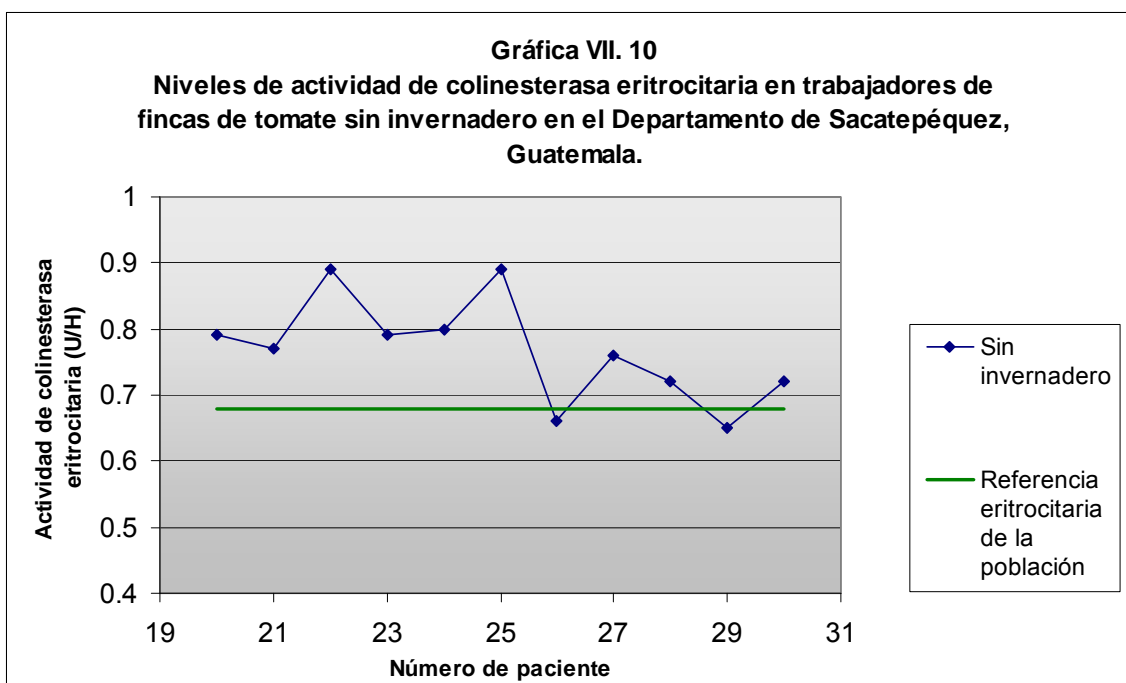
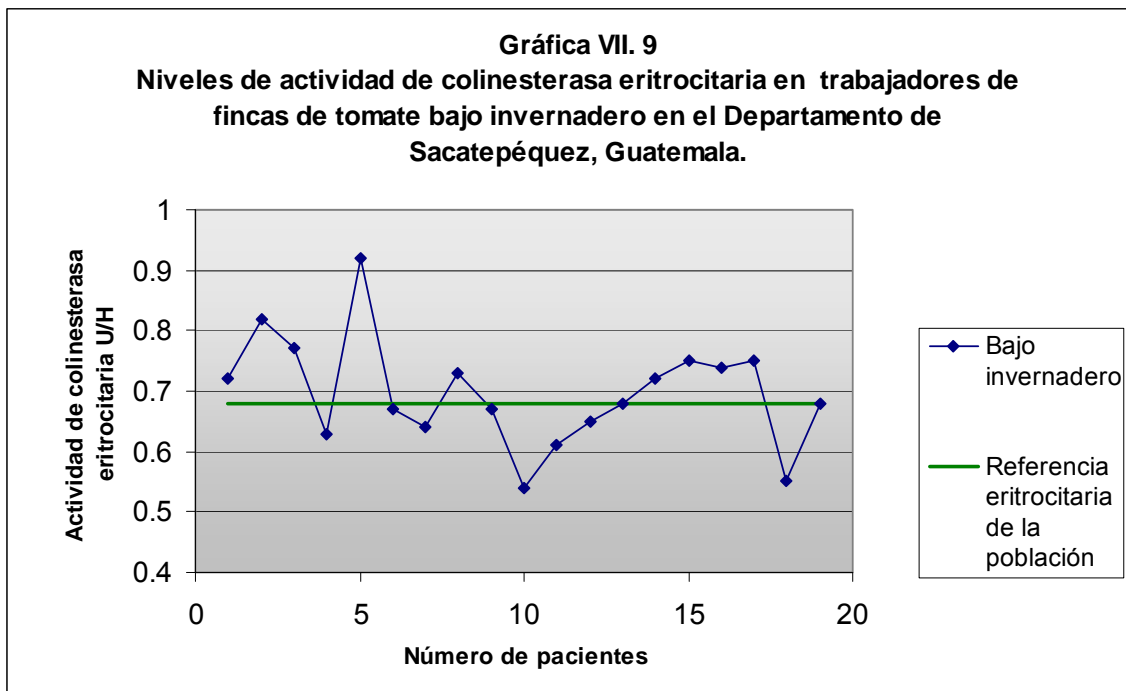
Cuadro VII. 5 – Niveles de actividad de colinesterasa eritrocitaria en trabajadores de fincas de tomate sin invernadero del Departamento de Sacatepéquez, Guatemala.

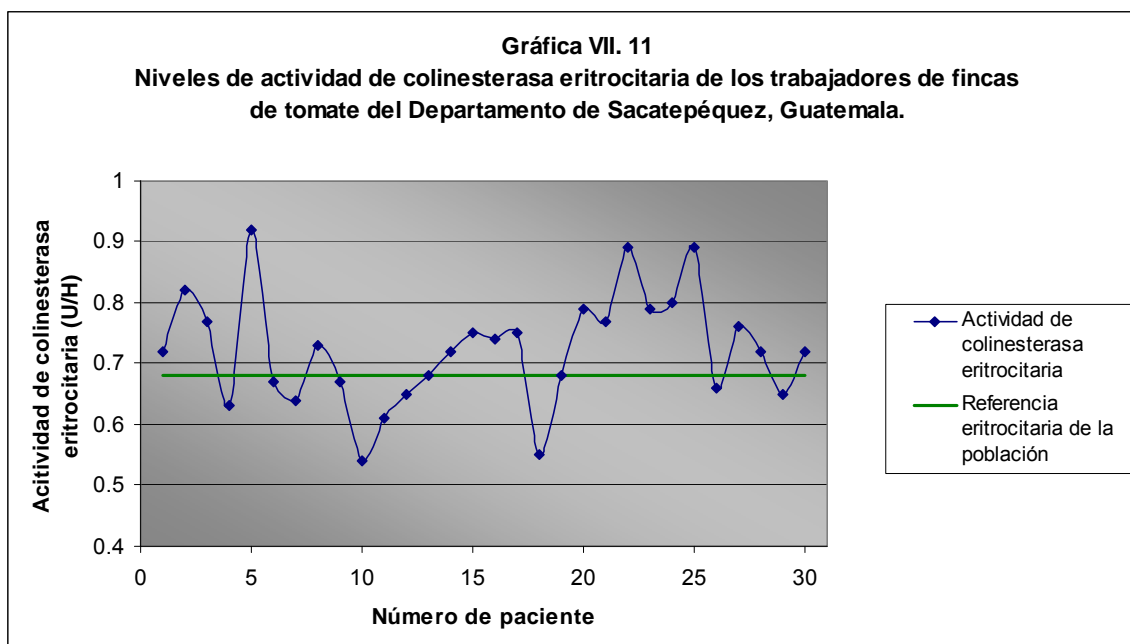
Paciente No.	Edad (años)	Sexo	Actividad de colinesterasa eritrocitaria (U/H)*
20	31	M	0.79
21	27	M	0.77
22	22	M	0.89
23	27	M	0.79
24	15	M	0.80
25	63	M	0.89
26	13	M	0.66
27	19	M	0.76
28	30	M	0.72
29	57	M	0.65
30	40	M	0.72

* U/H: Unidades por Hora.

Rango normal de actividad de colinesterasa eritrocitaria:

0.47 a 0.90 Unidades por Hora con una media de 0.689.





Cuadro VII. 6 Resumen de niveles de actividad de colinesterasa eritrocitaria de la muestra.

Grupo	Media (U/H)	Desviación estándar	Máximo valor	Mínimo Valor
Bajo invernadero	0.697	0.08994	0.92	0.54
Sin invernadero	0.767	0.07875	0.89	0.65
Total muestreados	0.723	0.09138	0.92	0.54

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los plaguicidas organofosforados y carbamatos son ampliamente utilizados por agricultores guatemaltecos por su extenso rango de alcance en cuanto a la eliminación de plagas. Sin embargo, su mecanismo de acción no se limita a insectos, sino actúa en mamíferos también. El agricultor corre el riesgo de sufrir fosforilación de la enzima acetilcolina (ACE) en las terminaciones nerviosas si no se protege de manera adecuada. La ACE es imprescindible para el control normal de la transmisión de los impulsos nerviosos, la inhibición en la actividad de dicha enzima indicada una posible intoxicación crónica.

El objetivo de este trabajo fue determinar los niveles de actividad de la enzima acetilcolinesterasa eritrocitaria en agricultores, que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala. En el cuadro VII. 1 se esquematiza el tipo de muestra analizada, a manera de identificar si presentan o no inhibición de la enzima por el uso de los dos tipos de plaguicidas. El universo de trabajo estuvo constituido por los agricultores, aplicadores de las sustancias agroquímicas. El número de muestras se obtuvo mediante un análisis estadístico y con información proporcionada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). El análisis químico se efectuó mediante el Método de Michel, en cual la medición de pH a distintos tiempos determina el valor de inhibición de la actividad de la enzima dado en unidades por hora, U/Hr.

La elección del departamento de Sacatepéquez, Guatemala se basó en el hecho que es uno de los departamentos en los cuales, el principal producto de cultivo es el tomate. Tomando en cuenta su cercanía, fácil acceso y alta productividad se visitaron 12 municipios. De los cuales 4 eran los mayores productores de tomate bajo la modalidad sin invernadero y 8 bajo invernadero. Antes de obtener la muestra se realizó una encuesta (Anexo B) para establecer si utilizaban plaguicidas organofosforados y carbamatos; además, se obtuvo información relevante en cuanto al tamaño de la cosecha, la frecuencia de uso

de los plaguicidas, las condiciones de almacenamiento y el padecimiento de signos y síntomas, posiblemente relacionados al uso de plaguicidas organofosforados y carbamatos.

En el cuadro VII. 2 se enlistan los plaguicidas organofosforados y carbamatos utilizados, así como la frecuencia de uso, las condiciones de almacenamiento y uso de equipo de protección personal. Todos los agricultores encuestados utilizan estos dos tipos de plaguicidas en diferente cantidad y combinaciones. En el caso de los organofosforados el uso se reportó más equitativo, el 39% utiliza malatión, el 34% metamidofos y el 27% metil paratión. De los cuales, el 15% utiliza un solo plaguicida por aplicación, el 15% utiliza una combinación de tres plaguicidas y la mayoría, 70% utiliza una combinación de dos plaguicidas organofosforados. Las combinaciones más frecuentes fueron malatión – metamidofos y malatión - metil paratión. Las gráficas VII. 1 y VII. 3 ilustran estos resultados.

En cuanto a los carbamatos, el 69% de los agricultores utilizan metomil, 17% carbofurán y 14% carbaril. Al igual que los organofosforados, los agricultores utilizan en su mayoría una combinación de plaguicidas carbamatos. Solamente el 13% utiliza uno solo, el 20% utiliza una combinación de tres plaguicidas y el 67% utiliza una combinación de dos plaguicidas. La combinación más frecuente fue metomil – carbofurán. Las gráficas VII. 2 y VII.4 ilustran los resultados.

Las condiciones de almacenamiento también pueden convertirse en un factor importante de contaminación. En cada finca se debe disponer de un área exclusiva para el almacenamiento de las sustancias químicas, deben ordenarse y rotularse de manera apropiada para evitar confusiones y sobre todo derrames que puedan causar efectos adversos irreversibles a la salud de los trabajadores. El 60% de las fincas visitadas contaba con un área aislada y debidamente ordenada para el almacenamiento de los agroquímicos. Sin embargo, el 40%

restante reportó que almacenaba las sustancias químicas de manera inapropiada. Entre las condiciones de almacenamiento inadecuadas reportadas, fueron: en cajas debajo de la pila o dentro de la casa, debajo de láminas con resto de equipo de fumigación y en cuarto junto con semillas, abonos e indumentaria para aplicación. Esto representa un riesgo no sólo para el trabajador sino para su familia y todo aquel que tenga contacto indirecto, por exposición a los plaguicidas.

Las vías de absorción pueden ser oral, inhalatoria, subcutánea o dérmica, y por todas ellas se corre el riesgo de inhibir los niveles de actividad de la enzima acetilcolinesterasa. Los accidentes son comunes cuando no se cuenta con una bodega exclusiva, para el almacenamiento de agroquímicos. Por ejemplo, si uno de los frascos no se cierra adecuadamente y se almacena dentro de la casa, puede emitir vapores peligrosos hasta para las mascotas. Los niños son los más vulnerables en estos casos, ya que pueden ingerir el contenido o utilizar frascos como juguetes. Por esto, es importante el almacenamiento adecuado de los productos agroquímicos.

Adicional, a las condiciones de almacenamiento, el uso de protección personal durante la aplicación es clave para la prevención de la inhibición del nivel de la actividad de la enzima. El equipo básico se reduce a mascarilla, botas, guantes y overol especial. Solamente el 23% de los encuestados reportó el uso de mascarilla, y el 77% restante reportó que no utiliza ningún tipo de equipo de protección personal.

De la muestra de treinta agricultores el 37%, no reportó signos o síntomas relacionado a una intoxicación crónica por plaguicidas organofosforados y carbamatos. La gráfica VII. 7 ilustra este resultado, en donde el 63% presenta alguno o varios de los síntomas mencionados (ver Anexo B). Los síntomas comúnmente referidos fueron cefalea, mareos y debilidad o decaimiento. La

gráfica VII. 8 muestra detalladamente el número de agricultores correspondiente a la presentación del cada signo y síntoma enlistado.

De cada agricultor, adicional a la encuesta se obtuvo una muestra de sangre completa, almacenándose en un tubos con heparina (anticoagulante) a una temperatura aproximada de 2 – 8°C. Se llevó a cabo el procedimiento descrito en la sección *IV. F y IV. F.1*, de acuerdo al método de Michel. Con el objetivo de determinar el valor de actividad de colinesterasa eritrocitaria. Además de los signos y síntomas, dicho resultado sirve como indicador principal de la existencia de intoxicación crónica debida al uso de plaguicidas organofosforados y carbamatos.

Mediante el análisis estadístico para prueba de hipótesis se rechazó la hipótesis planteada para un nivel de confianza de 95%. Esto quiere decir que existe un nivel de probabilidad de 0.025 de estar equivocado al rechazar la hipótesis. En el Cuadro VII. 6 se resumen los resultados obtenidos estadísticamente. En donde la media total fue de 0.723 U/Hr con una desviación estándar de 0.09138. En base al resultado se puede concluir que los agricultores que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala tienen un nivel de colinesterasa aceptable, el cual se encuentra dentro del rango de 0.49 a 0.90 U/Hr. Esto no significa, que no existan casos de intoxicación crónica, sino que durante el tiempo del estudio los valores no fueron significativamente diferentes unos de otros con respecto al valor de referencia eritrocitaria de la población guatemalteca, 0.689 U/Hr. Cuando existe una intoxicación crónica los valores de actividad de la enzima pueden no estar alterados, pero el sistema nervioso central si puede verse afectado. Para determinar estos casos es necesario realizar pruebas neuroconductuales específicas.

El valor de actividad de la colinesterasa eritrocitaria se inhibe por el grado de intoxicación del agricultor, el cual a su vez puede variar debido a varios

factores. Entre los cuales se puede mencionar: la edad del trabajador, el tiempo que lleva laborando en la agricultura, la cantidad de plaguicidas utilizados, la concentración de aplicación, las condiciones de almacenamiento de los químicos, el uso de protección durante la aplicación y la modalidad de siembra.

Sin embargo, entre las muestras se observó que el nivel de actividad más bajo corresponde a un joven de 22 años. Este resultado puede deberse a que a pesar de su corta edad, él ya tiene una experiencia de diez años en la agricultura. Nunca ha utilizado protección durante las aplicaciones de sustancias químicas, y se ha dedicado la mayoría de sus años, como agricultor, a fumigar las cosechas. El resultado opuesto se observó en un adulto de 36 años de edad, y con una trayectoria de 21 años en la agricultura. Él se ha caracterizado por protegerse adecuadamente con mascarilla, aunque nunca ha utilizado la indumentaria adecuada durante las aplicaciones. Esto comprueba que si se protege la salud primero, los daños que pueden causar los plaguicidas organofosforados y carbamatos pueden controlarse.

Se realizó una última prueba estadística con el objetivo de determinar si existía o no una diferencia significativa en los niveles de actividad de la enzima, entre los agricultores que trabajan bajo la modalidad sin invernadero contra los que trabajan bajo invernadero. Se comparó las dos medias experimentales, cuya hipótesis declara que sí existe diferencia entre las medias. El resultado lleva a la conclusión que efectivamente existe diferencia en cuanto al nivel de actividad de colinesterasa eritrocitaria entre los agricultores que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala, con un nivel de confiabilidad del 95%, siendo más propensos los agricultores que siembran bajo invernadero.

La media de la actividad de la enzima en los agricultores que siembran bajo invernadero fue de 0.697 con una desviación estándar de 0.08994. Mientras que la media de la actividad de los agricultores que siembran bajo la

modalidad sin invernadero fue de 0.767 con una desviación estándar de 0.07875.

En la modalidad sin invernadero el ambiente es importante, porque los vapores no se encierran sino que se disipan, en lugar de provocar daño al agricultor directamente, lo hace en el ambiente. La temperatura también es importante, porque bajo invernadero se incrementa el calor incomodando al agricultor y provocando que no utilice la protección adecuada durante la aplicación. Los ciclos de cosecha varían de manera significativa entre ambas modalidades. Bajo invernadero se siembra a cada tres, cuatro o seis meses, es decir de cuatro a dos cosechas por año, produciendo la misma cantidad por ciclo. A diferencia de la modalidad sin invernadero, en donde se cosecha una vez y como máximo dos veces al año.

Finalmente se elaboró un folleto informativo (Anexo A) sobre el uso adecuado de los plaguicidas organofosforados y carbamatos, el cual se entregó a las autoridades del MAGA Sacatepéquez y a los agricultores que trabajan en los cultivos de tomate, visitados durante los meses de julio a septiembre del año 2007. Es importante darle seguimiento, tanto a la educación de los agricultores como al estudio efectuado, para ayudar a la comunidad agricultora del país y así disminuir el número de intoxicaciones al año.

En adición, se informó al Centro de Salud de la Antigua Guatemala acerca del trabajo realizado con el objetivo de darle seguimiento a los casos estudiados y prevenir futuros casos. El objetivo es informar a las personas sobre los riesgos y las medidas de prevención de intoxicación, e indicarles a quienes pueden acudir en caso de emergencias o problemas de salud. En el Centro de Salud se pondrá énfasis en los resultados obtenidos en cuanto al nivel de actividad de colinesterasa y se atenderá a los pacientes que fueron evaluados con el fin de darles un seguimiento.

Es útil determinar los niveles de actividad de colinesterasa para vigilar de manera biológica sistemática la exposición a organofosforados y carbamatos y para diagnosticar la intoxicación por los mismos. Sin embargo, la toxicidad no siempre se detecta prematuramente ya que existen efectos que aparecen a largo plazo. Entre los cuales se puede mencionar contracciones del músculo esquelético, alteraciones sensoriales y de comportamiento, incoordinación y depresión de la función motora.

A pesar de haber obtenido un resultado aceptable en cuanto al nivel de la actividad de colinesterasa eritrocitaria analizada, los agricultores que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala deben continuar con la evaluación de la misma, con el objetivo de evitar la inhibición de la enzima. Adicionalmente, deben realizarse continuamente capacitaciones en cuanto al manejo adecuado y almacenamiento de los plaguicidas, así como el uso de equipo de protección personal adecuado para la utilización de estos productos.

IX. CONCLUSIONES

1. Los plaguicidas de mayor uso, por los agricultores que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala son el malatión y metomil, sin embargo los signos y síntomas presentados por el 63% de los agricultores se deben, en general, a los plaguicidas organofosforados y carbamatos utilizados.
2. Después de presentar, analizar y comparar los resultados obtenidos con los resultados esperados y de acuerdo a los procedimientos estadísticos correspondientes, se rechaza la hipótesis de investigación planteada, con 95% de confiabilidad, en donde se afirma que “los valores de actividad de colinesterasa eritrocitaria de los agricultores que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala, se encuentran por debajo del valor de referencia de la actividad de la colinesterasa eritrocitaria de la población guatemalteca, 0.689 U/Hr (Proyecto PLAGSALUD, 2001).” Los agricultores que cultivan tomate en dicho departamento no presentan inhibición del nivel de actividad de la enzima colinesterasa eritrocitaria, sin embargo, este resultado no significa que no existan casos por intoxicación crónica los cuales se determinan con base a pruebas neuroconductuales.
3. Con base al análisis y comparación de los resultados obtenidos bajo las dos modalidades de cosecha y de acuerdo a los procedimientos estadísticos correspondientes, se concluye que sí existe diferencia entre las medias de la actividad de colinesterasa eritrocitaria. Los agricultores que cultivan bajo invernadero tienen mayor exposición a plaguicidas, lo que incide en el incremento de la enzima colinesterasa eritrocitaria
4. El 77% de los agricultores que cultivan tomate no utiliza protección personal al momento de aplicar el plaguicida aumentando así las probabilidades de sufrir inhibición de la enzima colinesterasa.

5. El 60% de los agricultores cuentan con una bodega especial para el almacenamiento de los agroquímicos. Todos los casos reportados se refieren a cultivos bajo invernadero.
6. El 70% de los agricultores utiliza una mezcla de dos plaguicidas organofosforados durante la aplicación, mientras que el 83% utiliza sólo un plaguicida carbamato.

X. RECOMENDACIONES

Al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación:

1. Redoble de esfuerzos, recursos y optimización de los que ya se han destinado a la educación de los agricultores en cuanto al uso de equipo de protección, uso correcto de agroquímicos y abonos, e instalaciones para el almacenamiento de las sustancias químicas que se utilizan como plaguicidas.
2. Apoyo de proyectos como CropLife Latinoamérica e incentivar a todo el personal agroforestal a que se integren a proyectos de este tipo, con el objetivo de capacitar continuamente a los agricultores.

Al Centro de Salud de Antigua Guatemala:

1. Evaluación permanente de los signos y síntomas de pacientes, que son atendidos en el centro, que presentan o no inhibición del nivel de actividad de la enzima colinesterasa relacionada con el uso de plaguicidas organofosforados y carbamatos.
2. Beneficio de las instituciones, profesionales e investigadores de la salud para cubrir la necesidad de atención de los pacientes y de esta manera optimizar la cobertura de las intoxicaciones crónicas y agudas.
3. Definición de presupuesto para ayudar a los agricultores a realizarse exámenes biológicos periódicos a manera de darle seguimiento al proyecto.
4. Elaboración de programa de atención a familiares de los pacientes a fin de lograr un mayor apoyo y mejorar la calidad de vida tanto de los agricultores como de la familia.

A la Universidad del Valle de Guatemala:

1. Participación activa en la lucha contra el mal manejo de los agroquímicos, para evitar el aumento de intoxicaciones crónicas y agudas en

Guatemala, que cada año cobran la vida accidentalmente, de muchas personas, que incluye a niños.

2. Inclusión dentro del quehacer de los docentes de química y profesionales afines actividades constantes que promuevan el interés y participación de los estudiantes en la generación de información acerca del manejo adecuado de agroquímicos en el campo y a nivel doméstico.
3. Seguimiento y expansión de esta investigación a fin de profundizar en la problemática de intoxicaciones ocupacionales a nivel de agricultura, siendo Guatemala uno de los países más productores del mundo.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Anderson, David; D. Sweeney y T. Williams. 2004. *Estadística para administración y economía*. 8va. Edición. México D.F., Thompson Learning. 884pp.
- 2) Arriaza, Sandra Lisseth. 2005. "Evaluación de exposición ocupacional a plaguicidas organofosforados en trabajadores de un laboratorio de análisis de formulaciones de plaguicidas y propuesta de guía de seguridad y control ocupacional". Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 75pp.
- 3) "Capítulo 3: Tomate bajo invernadero" 2006. *El cultivo de tomate*. España, Editorial Ceac. 45 – 68pp.
- 4) "Capítulo 10.6: Intoxicaciones Organoclorados, Carbamatos y Herbicidas". 2000. *Principios de Urgencias, Emergencias y Cuidados Críticos*. Sevilla, Editorial Alhuria. 160-200pp.
- 5) *Código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas*. (Versión revisada). 2003. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma. Adoptado por el 123º período de sesiones del consejo de la FAO. Croplife Latin America. Fiat Pains FAO. Estados Unidos de Norte América. 44pp.
- 6) Cortinas, Cristina; A. Frías, C. Rodríguez, R. Alatorre y O. López. 2000. *Promoción de la prevención y reducción de riesgos químicos ambientales*. Características de peligrosidad ambiental de plaguicidas. Manual de trabajo. México D.F., Instituto Nacional de Ecología. 270pp.
- 7) Guatemala. 2001. Proyecto Plagsalud. *Resúmenes de 12 trabajos de investigación en el campo de plaguicidas*. Guatemala, Ministeria de Salud de la República, Organización Mundial de la Salud (OMS), Agencia Danesa para el Desarrollo Internacional (DANIDA).
- 8) Henao, Samuel; y O. Nieto. 1999. *Curso a distancia sobre: diagnóstico, tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas causadas por*

- plaguicidas*". 2da. Edición. San Jose, Costa Rica, Instituto de Nutrición de Centro América, Proyecto PlagSalud. 276pp.
- 9) Hernández López, Elder. Entrevista con Ingeniero Agrónomo. Coordinador de Información Estratégica. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Departamento Sacatepéquez, Guatemala. 2007.
- 10) LaDou, Joseph. 1999. *Medicina laboral y ambiental*. 2da. Edición. Colombia, Editorial Manual Moderno. 943pp.
- 11) Marti Mercadal, John; y H. Desoille. 2002. *Medicina del trabajo*. 2da. Edición. Barcelona, España, Masson, 1050pp.
- 12) Mejía, Pedro. 2002. *Explorando Guatemala*. Guatemala, Editorial Artemis Edinter. 154pp.
- 13) Minera, José. 2002. "Determinación de la actividad de colinesterasa eritrocitaria en Guatemala". Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 65pp.
- 14) Morgan, Donald. 1989. *Diagnóstico y tratamiento de los envenenamientos por plaguicidas*. 4ta. Edición. Estados Unidos de América, Agencia de Protección ambiental. 186pp.
- 15) Muñoz, Ana Jacqueline. 2005. "Niveles de colinesterasa en agricultores expuestos a plaguicidas orgofosforados y carbamatos en la aldea El Colorado, Municipio San José Pinula, Guatemala". Tesis, Universidad del Valle, Departamento de Química Farmacéutica. 60pp.
- 16) Nuez, Fernando. 2001. *El cultivo de tomate*. Reimpresión 1ra. Edición. España, Ediciones Mundi-Prensa. 793 pp.
- 17) Ortega, Miguel Ángel. 1986. "Determinación de colinesterasa sérica de exposición a insecticidas organofosforados". Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias y Farmacia. 71pp.
- 18) People, Samuel. y B. Knaak. 1982. *Monitoring pesticide safety programs by measuring blood cholinesterase and analyzing blood and urine for*

pesticide and their metabolites. Estados Unidos de Norte América, The American Chemical Society. 174pp.

- 19)Ruíz, Alfredo; A. García y C. Vásquez Araya. 2002. *Una visión compartida*. Estados Unidos de América, Croplife Latin America. 204pp.
- 20)Sandoval, Hernán. 1983. *Guía para adiestramiento en prevención de riesgos en el uso de plaguicidas: plaguicidas, la prevención de riesgos en su uso*. Buenos Aires, Losada. 179pp.
- 21)Skoog, Douglas; D. West, F. Holler y S. Crouch. 2001. *Química Analítica*. 7ma. Edición. México, McGraw – Hill Interamericana Editores. 795pp.
- 22)Torres, Ana María. 1971. “Investigación toxicológica de insecticidas por cromatografía de capa fina”. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias y Farmacia.

ANEXOS

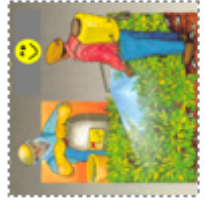
ANEXO A
FOLLETO INFORMATIVO

¿Qué problemas en su salud pueden causar los plaguicidas organofosforados y carbamatos?

Los plaguicidas organofosforados y carbamatos empujan no sólo a insectos sino a personas y animales domésticos principalmente por medio de una reacción en donde se inhibe una enzima llamada acetilcolinesterasa (AChE). Esto enzima es muy importante para controlar y mantener la transmisión normal de los impulsos nerviosos.

Al inhibirse esta enzima se acumula una sustancia que transmite los impulsos nerviosos llamada acetilcolina. Altas concentraciones de acetilcolina en el cerebro pueden causar alteraciones sensoriales y de comportamiento, incoordinación y disminución de funciones motoras. En otros países, inicia un proceso de debilidad en los músculos, desatamiento, visión borrosa, temblor, diarreas y mareos continuos.

Lamentablemente, el problema no se detiene sino hasta que inician estos síntomas. Lo bueno noticia es que se puede evitar, si se utilizan estos químicos de manera adecuada, modo, ropa y sobre todo protegiéndose con mascarilla y guantes durante la aplicación, y almacenando los productos adecuadamente.



Historia Instructivo PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS Y CARBAMATOS



Exposición a Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos en Agricultores que Cultivan Tomate en el Departamento de Guatemala

FOLLETO INSTRUCTIVO
Autor: Jimmy Semateban
jimmy.semteban@gmail.com
Autora: Lidia Carolina Durán
Director de Epidemiología, UIC, El Paso
Municipio de Escuintla
Lidia Durán, MSc. Epidemiología y prevención
Lidia Durán, BSc. Matemática y Física
Lidia Durán, BSc. Biología
Investigadora en el área de epidemiología
Lidia Durán, BSc. Biología

UNIVERSIDAD SAUVIA DE GUATEMALA
Departamento Química Farmacéutica
2007

Plaguicidas organofosforados y carbamatos.

Sin importar la cantidad y variedad de plaguicidas utilizados, deben adoptarse medidas básicas para minimizar los riesgos de intoxicación no sólo al usuario, sino en cuanto a su almacenamiento, preparación y aplicación.

Los plaguicidas organofosforados y carbamatos como el Metambor y el Metomil, son los más utilizados en el cultivo de tomate. Estos plaguicidas ingresan al organismo por la piel, vías respiratorias y digestiva. Aunque estos plaguicidas se degradan con rapidez en el ambiente, en climas cálidos y secos persisten en mayor grado.

Lo más importante de informarse es cuanto a los beneficios y precauciones que se deben tener con respecto a los plaguicidas. De esta manera, se les sacará el mayor provecho sin correr el riesgo de dañar la salud.

A continuación se enlistan ciertos criterios que deben tomarse en cuenta durante el almacenamiento, preparación y aplicación de este tipo de plaguicidas.



Tomate a cosechar.

Instructivo informativo de reducción de riesgos

Adquisición de plaguicidas

Comprar la cantidad adecuada, el producto correcto y empaques de calidad.

Transporte de plaguicidas

Nunca deben ser transportados en la cabina del vehículo junto a personas, animales, forraje, ganado o semillas.

Almacenamiento

En lugar seco, seguro (bajo llave), fresco e bien ventilado, bien cerrado, fuera del alcance de niños y animales.

Seguro

En caso de mayores volúmenes de plaguicidas, la bodega debe ser un edificio estado y cerrado.

Uso de preparación

Disponer de una superficie y agua. Tener únicamente en una zona de trabajo los elementos para la preparación de la mezcla.

Precaución durante la aplicación

No comer, beber ni fumar durante la aplicación. Cambiar los cables eléctricos aguas y asegurarse que la aplicación no llegue a ellos.

Precaución después de la aplicación

Lavarse bien las manos, la cara y el cuerpo. No usar el producto en actividades de recreación. Evitar el contacto con el agua. Evitar el contacto con el agua de bebida o riego.



En caso de derrame...
Lugar a conejeras, animales y equipo del lugar. Lavar ropa de protección adecuada. Cerrar el derrame con un algodón.

Uso de equipo y protección
Cuentas, mascarilla, overol, botas de hule resistentes.

OTRAS CONSIDERACIONES A TOMAR EN CUENTA...
Nunca aplicar en momentos de granada, granizo o lluvia fuerte.

Cuando se rocíe en alto tomar en cuenta la velocidad y dirección del viento.

Utilizar las aglomeradas de para el uso indicado.

PRIMEROS AUXILIOS
En caso de aplicaciones: lavar inmediatamente el área con agua abundante. Si entra en el ojo lavarle la mano.

En caso de ingestión: nunca inducir el vomito en pacientes inconscientes, ya que pueden ahogarse.

EN CASO DE EMERGENCIA LLEVAR AL CENTRO DE SALUD MÁS CERCAÑO.



ANEXO B

Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Química Farmacéutica



BOLETA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estudio de Tesis

**“EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS Y CARBAMATOS
EN AGRICULTORES QUE CULTIVAN TOMATE EN EL DEPARTAMENTO DE
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA”**

Boleta No.: _____

Nombre: _____

Edad: _____ Sexo: F _____ M _____

Nombre de la finca: _____

Información relacionada con el plaguicida:

Nombre y marca del producto	Frecuencia de uso	Concentración	¿Cómo lo usa y lo almacena?

¿Padece usted alguna de estas enfermedades?

Diabetes	Anemia	Problemas cardiacos	Problemas del hígado	Hepatitis
Cirrosis	Úlceras	Pancreatitis	Otro	

¿Ha padecido usted alguno de estos síntomas durante o después de la aplicación de los plaguicidas?

Dolor de cabeza	Mareos	Náusea	Vómitos	Visión borrosa
Debilidad	Diarrea	Decaimiento	Dificultad para respirar	Otro

Aceptación:

Es de mi conocimiento y estoy de acuerdo que la muestra de sangre que proporcioné servirá para la ejecución del trabajo de investigación “Exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en agricultores que cultivan tomate del departamento de Sacatepéquez, Guatemala.”

Firma

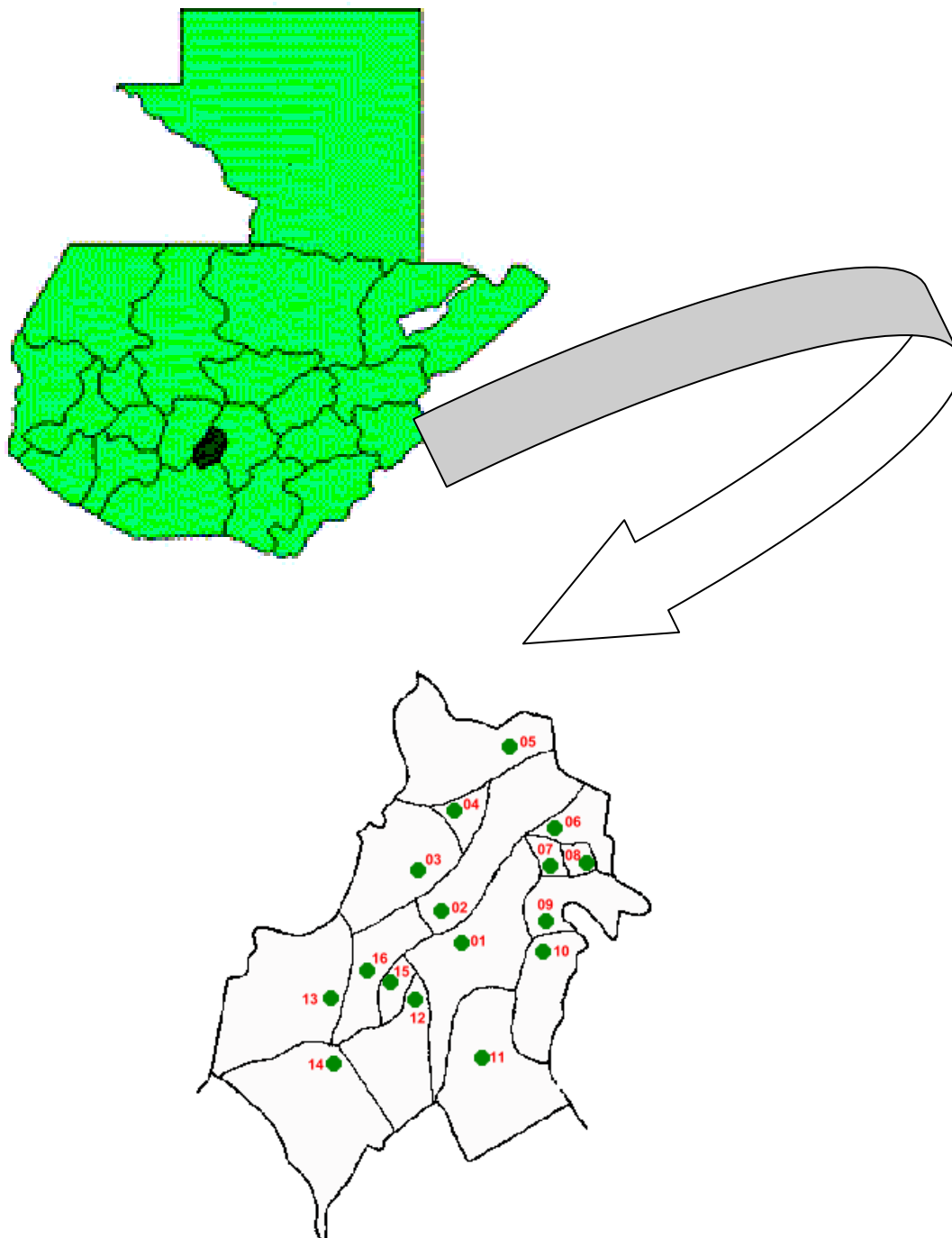
No. de Cédula

Nota: Los resultados son confidenciales y se le entregarán personalmente.

Información adicional de la finca:

1. Nombre completo del Administrador de la finca.
2. Extensión de la finca, producción y extensión del cultivo del tomate.
3. Variedad que usan en el cultivo de tomate.
4. Producción de tomate, por cuerda.
5. Lugar donde se comercializa.
6. Sistema de producción del tomate.
7. Plagas y enfermedades más frecuentes que afectan al cultivo.
8. Distancia de la finca al municipio y cabecera departamental.
9. Fechas de cosecha de tomate.
10. Población que labora en la finca y cultivos (producción).
11. ¿Reciben asistencia médica, de quién?
12. ¿Qué cultivan las fincas vecinas?

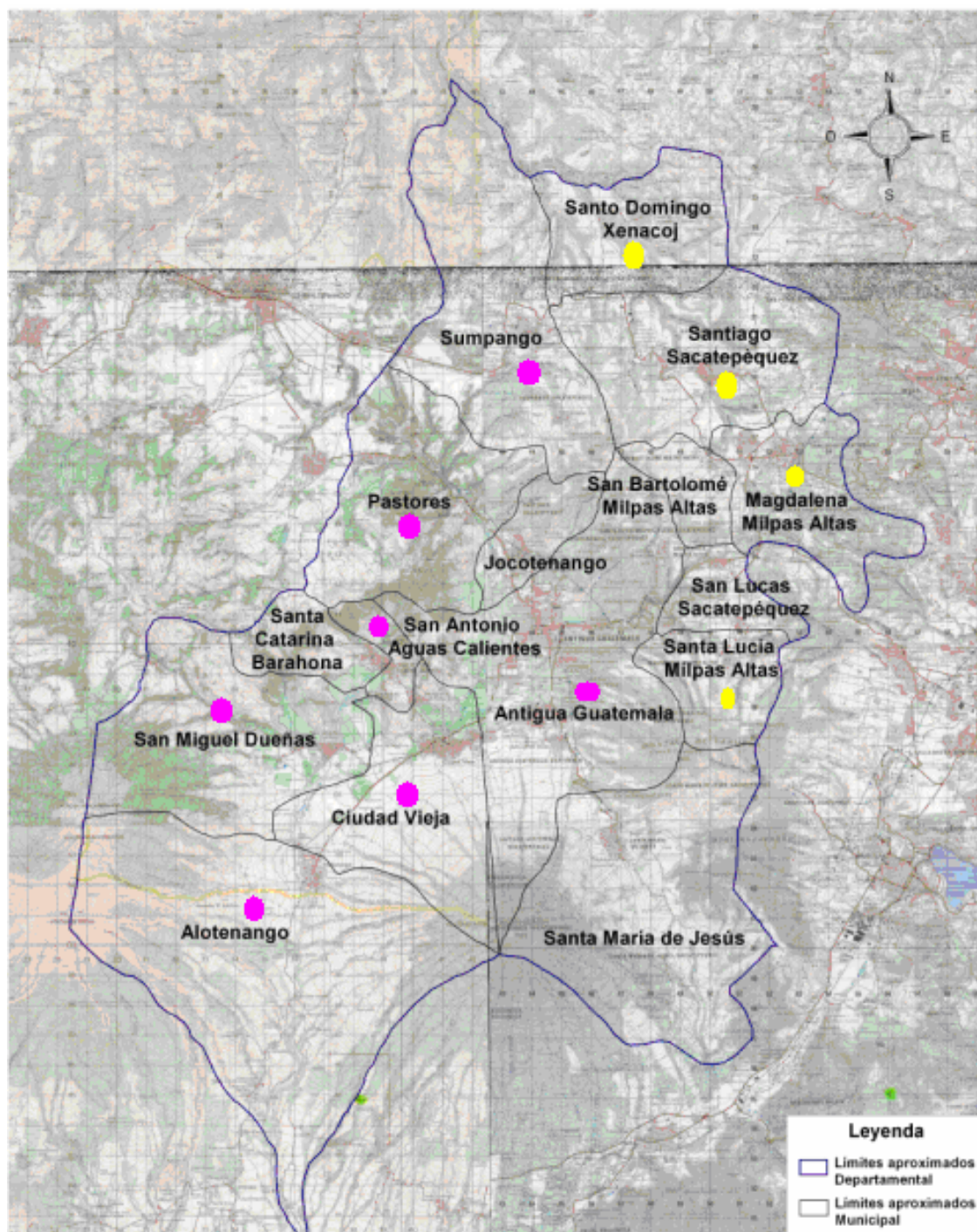
ANEXO C
Mapa de Guatemala



1. **Antigua Guatemala**, 2. Jocotenango, 3. Pastores, 4. Santo Domingo Xenacoj, 5. Sumpango 6. Santiago Sacatepéquez, 7. San Bartolomé Milpas Altas, 8. San Lucas Sacatepéquez, 9. Santa Lucía Milpas Altas, 10. Magdalena Milpas Altas, 11. Santa María de Jesús, 12. Ciudad Vieja, 13. San Miguel Dueñas, 14. Alotenango, 15. San Antonio Aguas Calientes, 16. Santa Catarina Barahona.

ANEXO D

Localización de fincas en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala.
 Procesado por: Laboratorio – SIG – MAGA
 Noviembre 2004



● Cultivo sin invernadero ● Cultivo bajo invernadero

ANEXO E

GLOSARIO

- **Acetilcolina:** neurotransmisor, mediador de la actividad sináptica del sistema nervioso.
- **Ambiente:** el entorno, incluyendo el agua, el aire y el suelo, y su interrelación, así como las relaciones entre elementos y cualesquiera organismos vivos.
- **Atropina:** droga anticolinérgica natural compuesta por ácido trópico y tropina. Parecida a la acetilcolina, se combina con los receptores muscarínicos por medio de un lugar catiónico.
- **Carbamatos:** sustancias orgánicas de síntesis conformadas por un átomo de nitrógeno unido a un grupo lábil, ácido carbámico. Sus características principales son su alta toxicidad, baja estabilidad química y nula acumulación en los tejidos.
- **Colinesterasa eritrocitaria:** enzima que cataliza la hidrólisis del neurotransmisor acetilcolina sobrante en el espacio sináptico en colina y ácido acético, reacción necesaria para permitir que la neurona colinérgica retorne a su estado de reposo luego de la activación, evitando así una transmisión excesiva de acetilcolina, que produciría una sobre estimulación del músculo y, como consecuencia debilidad y cansancio.
- **Distribución:** proceso de suministro de plaguicidas a través de canales comerciales en mercados nacionales o internacionales.
- **Disposición final:** operación destinada a reutilizar, neutralizar, destruir o aislar desechos o envases usados de plaguicidas y materiales contaminados por los mismos.
- **Equipo de aplicación:** todo medio técnico, equipo, instrumento o maquinaria que se emplee para aplicar plaguicidas.
- **Equipo de protección personal:** toda la ropa, materiales o instrumentos que protegen de la exposición a plaguicidas durante su manipulación y aplicación.

- **Equivalencia:** la determinación de la analogía de las impurezas y del perfil toxicológico, así como de las propiedades físicas y químicas, que presenta supuestamente el material técnico similar, producido por distintos fabricantes, a efectos de evaluar si también presenta niveles de riesgos similares.
- **Envase:** el recipiente, junto con el envoltorio protector, que se utiliza para hacer llegar los plaguicidas a los usuarios por medio de la distribución al por mayor o al por menor.
- **Envenenamiento:** la aparición de daños o trastornos causados por un veneno, incluyendo la intoxicación.
- **Etiqueta:** cualquier material escrito, impreso o gráfico que vaya sobre el plaguicida o esté impreso, grabado o adherido a su recipiente inmediato, y también en el paquete o envoltura exterior de los envases para uso y distribución al por menor.
- **Fabricante:** una compañía u otra entidad pública o privada o cualquier persona jurídica dedicada (directamente o por medio de un agente o de una entidad por ella controlada o contratada) al negocio o la función de fabricar un ingrediente activo plaguicida, o de preparar su formulación o producto.
- **Formulación:** la combinación de varios ingredientes para hacer que el producto sea útil y eficaz para la finalidad que se pretende; la forma del plaguicida que compran los usuarios.
- **Industria de plaguicidas:** todas las organizaciones y personas dedicadas a la fabricación, formulación o comercialización de plaguicidas y productos de plaguicidas.
- **Restricción sobre plaguicidas:** cualquier ley o reglamento aplicados para regular la fabricación, comercialización, distribución, etiquetado, envasado, utilización de plaguicidas en sus aspectos cualitativos, cuantitativos de salud y ambientales.
- **Manejo Integrado de Plagas (MIP):** la cuidadosa consideración de todas las técnicas disponibles para combatir las plagas y la posterior integración

de medidas apropiadas que disminuyen el desarrollo de poblaciones de plagas y mantienen el empleo de plaguicidas y otras intervenciones a niveles económicamente justificados y que reducen al mínimo los riesgos para la salud humana y el ambiente.

- **Modalidad de uso:** el conjunto de todos los factores que intervienen en el uso de un plaguicida, tales como la concentración de ingrediente activo en el preparado que ha de aplicarse, la dosis de aplicación, el período de tratamiento, el número de tratamientos, el uso coadyuvantes y los métodos y lugares de aplicación que determinan la cantidad aplicada, la periodicidad del tratamiento y el intervalo preciso a la cosecha.
- **Organofosforados:** grupo de plaguicidas artificiales aplicados para controlar las poblaciones de plagas de insectos. Sustancia orgánica de síntesis, conformadas por un átomo de fósforo unido a 4 átomos de oxígeno o en algunas sustancias a 3 de oxígeno y uno de azufre. Una de las uniones fósforo – oxígeno es bastante lábil y el fósforo liberado de este “grupo libre” se asocia a la acetilcolinesterasa inhibiendo la transmisión nerviosa. Sus características principales son su alta toxicidad, su baja estabilidad química y su nula acumulación en los tejidos.
- **Peligro:** propiedad inherente de una sustancia, agente o situación capaces de provocar consecuencias indeseables (por ej., propiedades que pueden causar efectos adversos o daños a la salud, el ambiente o los bienes).
- **Plaguicida:** cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies de plantas o animales indeseables que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus

- **Plaguicida prohibido:** plaguicida del que se han prohibido todos los usos mediante una medida definitiva de reglamentación, con el fin de proteger la salud humana o el ambiente. El término comprende todo plaguicida que no haya sido aprobado para utilizarse por primera vez o que la industria haya retirado del mercado interno de examen ulterior en el proceso nacional de aprobación, cuando haya pruebas claras de que esta medida se ha adoptado con objeto de proteger la salud humana o el ambiente.
- **Residuo:** cualquier sustancia específica presente en o sobre los alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales como consecuencia del uso de un plaguicida, como producto de conversión, metabolitos, productos de reacción, e impurezas consideradas de importancia toxicológica.
- **Riesgo:** una función de la probabilidad de la ocurrencia de un efecto adverso para la salud o el ambiente y de su gravedad por la exposición a un plaguicida.
- **Toxicidad:** propiedad fisiológica o biológica que determina la capacidad de una sustancia química para causar perjuicio o producir daños a un organismo vivo por medios no mecánicos.
- **Veneno:** sustancia que puede causar trastornos estructurales o funcionales provocando daños o la muerte cuando son absorbidas en cantidades relativamente pequeñas por los seres humanos, las plantas o los animales.