

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

"EVALUACION DE TRES INSECTICIDAS TERMONEBULIZADOS
Y TRES TIEMPOS DE APLICACION COMO TRATAMIENTO
CUARENTENARIO"

TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD
DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR
FILADELFO GUEVARA CHAVEZ

En el acto de investidura como
INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 1,993

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T (1445)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

EVALUACION DE TRES INSECTICIDAS TERRESTRES CASOS
Y TRES TIEMPOS DE APLICACION CON PLANTAMIENTO
AGROPECUARIO

RECTOR

Dr. ALFONSO FUENTES SORIA

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD
DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

- DECANO: Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
- VOCAL PRIMERO: Ing. Agr. Mynor Estrada Rosales
- VOCAL SEGUNDO: Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
- VOCAL TERCERO: Ing. Agr. Carlos Roberto Mota de Paz
- VOCAL CUARTO: P. A. Milton Abel Sandoval
- VOCAL QUINTO: Br. Juan Gerardo De León Montenegro
- SECRETARIO: Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 1965

Guatemala, Septiembre de 1,993

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Señores
Honorable Junta Directiva
Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

RECTOR

Respetables Señores: ALFONSO FUENTES CURIA

En cumplimiento de las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

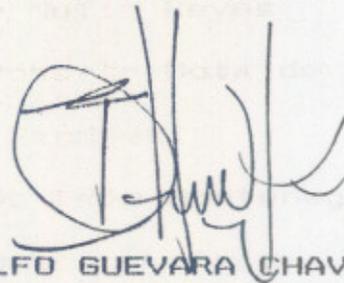
"EVALUACION DE TRES INSECTICIDAS TERMONEBULIZADOS Y TRES TIEMPOS DE APLICACION COMO TRATAMIENTO CUARENTENARIO"

Como requisito previo a obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

En espera de su aprobación, aprovecho la oportunidad para suscribirme de ustedes,

VOCAL PRIMERO: Ing. Agr. Rómulo Estrada Ruz
VOCAL TERCERO: Ing. Agr. Carlos P.
VOCAL CUARTO: P. A. Milton Abe
VOCAL QUINTO: Sr. Juan Gerardo D.
SECRETARIO: Ing. Agr. **FILADELFO GUEVARA CHAVEZ**

Atentamente,



ACTO QUE DEDICO

A **DIOS TODO PODEROSO**

A ESTE BELLO PAIS, GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD
DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A MIS PADRES Alberto Guevara Gonzáles (Q.E.P.D)
Juana Chávez vda de Guevara

A MIS ABUELOS José Bendfeld Guevara García y
(Q.E.P.D) María Elena González;
Julian Navas y Ramona Chávez

A MI ESPOSA Lisseth Yondrea

A MIS HERMANOS Gladys, Santiago, Magda,
Leonel (Q.E.P.D), Luis y Gloria.

A MIS SOBRINOS Mario, Byron y Mariela;
Karen, Bryan y Josselin;
Susana, Alejandro, Ma. José y Gabriel;
Cindy y Waleska,;
Pedro y Gloria.

A LOS MAESTROS Profas. Mariela Callejas y Silvia
Belches

ESPECIALMENTE A LOS DOCENTES DE LA SUBAREA DE PROTECCION
DE PLANTAS DE LA FAUSAC

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS UNIVERSITARIOS

A LOS COMPAÑEROS Y TRABAJADORES UNIVERSITARIOS

AGRADECIMIENTOS

CON MUCHA SINCERIDAD A TODAS AQUELLAS PERSONAS
QUE DE UNA U OTRA FORMA HICIERON POSIBLE EL PRESENTE
TRABAJO, ESPECIALMENTE:

A los miembros del SIF del OIRSA y personal administrativo que colaboraron directamente en la etapa de campo y otros, tales como: Srs. Hamilton Barrios, Carlos Gálvez, Alfredo Salazar, César A. Villatoro, José A. Raqueq, Fco. Javier Solis y Sra. Victoria Contreras.

A los Ingenieros Samuel Córdova y Mauricio Díaz por su valiosa asesoría.

A los Ingenieros Salvador Sánchez Luarca y Víctor Hugo Méndez por sus aportes en el enriquecimiento de la investigación.

Al Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) por la asistencia técnica y económica proporcionada.

ESPECIALMENTE a mi padre que dejó sembrado el ideal, que desde el más allá bendecirá y se enorgullecerá; y a mi madre por su apoyo diario que me permitió continuar, esconder mis flaquezas y alcanzar mi sueño.

INDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PAGINA

INDICE DE FIGURAS	iv
INDICE DE CUADROS	vi
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCION	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
III. MARCO TEORICO	5
1. Marco conceptual	5
1.1. Importancia de la agricultura regional	5
1.2. Cuarentena	5
1.3. Propagación de plagas por actividades humanas	6
1.4. Implicaciones derivadas con la introducción de plagas	6
1.5. Impacto económico del ingreso de plagas exóticas	7
1.6. Algunas plagas insectiles cuarentenadas	8
1.7. Uso de fumigantes, aerosoles, humos y nieblas	9
1.8. Control de calidad de los tratamientos cuarentenarios	12
1.9. Ventajas del Servicio Internacional de Fumigación (SIF)	12
1.10. La fumigación de los vehículos como tratamiento cuarentenario	13
1.11. Principios de la termonebulización	14
1.12. Estado actual de la fumigación	16
1.13. Toxicidad de los fumigantes para los insectos	17
1.14. La temperatura en la toxicidad de los fumigantes	17
1.15. La adsorción del fumigante por los insectos	18
1.16. Resistencia adquirida de los insectos	18
1.17. Desarrollo de resistencia	19

CONTENIDO		PAGINA
1.18.	Insecticida de uso actual en la termonebulización de vehículos	20
1.19.	Los insecticidas piretroides una posible alternativa en la termonebulización interna de vehículos	21
1.20.	Fundamentaciones al uso de Piretroides	22
2.	Marco Referencial	24
2.1.	Descripción del área	24
2.2.	Insectos monitores	24
2.2.1.	Gorgojos de los granos almacenados	24
	Familia Tenebrionidae	24
	Familia Bostrichidae	25
	Familia Curculionidae	25
2.2.2.	Moscas de las frutas	26
	Familia Tephritidae	26
2.2.3.	Moscas del gusano tornillo	26
	Familia Calliphoridae	26
2.3.	Insecticidas termonebulizados	27
	Diclorvós (DDVP)	27
	Cipermetrina	27
	Decametrina (Deltametrina)	27
2.4.	Dosis de los insecticidas termonebulizados	28
IV.	OBJETIVOS	29
1.	Objetivo General	29
2.	Objetivos Específicos	29
V.	HIPOTESIS	29
VI.	METODOLOGIA	30
1.	Diseño Experimental	30
1.1.	Modelo Estadístico	30
1.2.	Unidad Experimental	30
2.	Descripción y listado de los Tratamientos	31
2.1.	Listado de Tratamientos	31

CONTENIDO	PAGINA
3. Variables de Respuesta	32
4. Manejo del Experimento	32
4.1. Descripción de los monitores	33
4.2. Clasificación de los insectos monitores	33
4.3. Tratamiento de los vehículos	34
4.4. Manejo de los vasos monitores	34
4.5. Mortalidad por causas naturales	35
4.6. Reproducción de los insectos de prueba	35
5. Registro y Análisis de la Información	36
6. Manejo de la Información	37
VII. RESULTADOS Y DISCUSION	39
1. Efecto de la nebulización	39
2. Comportamiento de los insectos	
a los insecticidas termonebulizados	39
3. Mortalidad alcanzada por la termonebulización	
de insecticidas	41
3.1. Pruebas preliminares efectuadas	41
3.2. Mortalidad alcanzada en la investigación	43
3.3. Relación entre tiempo de aplicación de los	
insecticidas y la mortalidad de los insectos	
en estado adulto	48
3.4. Relación entre temperatura interna registrada	
dentro de los vehículos y la mortalidad de los	
insectos en estado adulto	50
3.5. Relación entre tiempo de aplicación de los	
insecticidas, temperatura interna registrada	
dentro de los vehículos y la mortalidad de los	
insectos en estado adulto	51
3.6. Costo de los insecticidas por vehículo	
termonebulizado	52
3.7. Análisis Incremental de los costos de los	
insecticidas por vehículo termonebulizado ...	53
VIII. CONCLUSIONES	57
IX. RECOMENDACIONES	58
X. BIBLIOGRAFIA	59
XI. APENDICE	62

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Bomba termonebulizadora (swingfog) mostrando las partes que la componen. Utilizada en la termonebulización de vehículos en los Puestos Cuarentenarios donde opera el SIF.	15
2	Principio del funcionamiento de la bomba termonebulizadora (swingfog) mostrando la cámara de combustión y el resonador.	16
3	Efecto de la aplicación de 3 insecticidas termonebulizados y 3 tiempos de aplicación, sobre la mortalidad de insectos en estado adulto. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	45
4	Comportamiento de la variación lineal de la mortalidad total de insectos en estado adulto como consecuencia del uso de 3 insecticidas analizados conjuntamente y que se aplicaron en forma termonebulizada durante 0.5, 1.0 y 1.5 minutos, en vehículos del tipo turismo. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	49
6	Comportamiento de la variación lineal de la mortalidad total de insectos como consecuencia de la temperatura generada en los vehículos termonebulizados. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	51
5A	Comportamiento de la variación lineal de la mortalidad total de insectos en estado adulto como consecuencia del uso de 3 insecticidas analizados en forma independiente y que se aplicaron en forma termonebulizada durante 0.5, 1.0 y 1.5 minutos, en vehículos del tipo turismo. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	64

FIGURA		PAGINA
7A	Comportamiento de la variación lineal de la mortalidad total de insectos como consecuencia de la temperatura generada en los vehículos termonebulizados con DICLORVOS. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	65
8A	Comportamiento de la variación lineal de la mortalidad total de insectos como consecuencia de la temperatura generada en los vehículos termonebulizados con CIPERMETRINA. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	65
9A	Comportamiento de la variación lineal de la mortalidad total de insectos como consecuencia de la temperatura generada en los vehículos termonebulizados con DECAMETRINA. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	66

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAGINA
1 Dosis de los insecticidas termonebulizados a los vehículos del tipo turismo en el Puesto Cuarentenario del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	28
2 Factores y Niveles utilizados en la evaluación de insecticidas termonebulizados y tiempos de aplicación en el Puesto Cuarentenario del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	31
3 Listado de tratamientos evaluados en el Puesto Cuarentenario del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	31
4 Clasificación y cantidad de insectos en estado adulto utilizados como monitores en la evaluación de insecticidas termonebulizados y tiempos de aplicación. Puesto Cuarentenario del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	33
5 Resultados de mortalidad de insectos por tipo de insecto y por tipo de insecticida termonebulizado. Determinado a través de pruebas preliminares con 10 y 20 segundos de aplicación y 30 segundos de exposición. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	42
6 Resultados de mortalidad media de insectos en estado adulto por tipo de insecticida y temperatura media registrada en los vehículos tratados. En pruebas preliminares con 10 y 20 segundos de aplicación y 30 segundos de exposición. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	43

CUADRO	PAGINA
7 Resultados de los promedios de mortalidad de insectos adultos y temperatura registrada en los vehículos tratados en esta investigación.	44
8 Análisis de Varianza efectuada a la cantidad de insectos muertos en cada tratamiento, empleando la transformación de ARCOSENO \sqrt{x} .	46
9 Prueba de Tukey con 95% de confianza con los valores de mortalidad (%) transformados mediante ARCOSENO \sqrt{x} .	48
10 Análisis de Regresión y Correlación Lineal Simple considerando la mortalidad de los insectos como variable dependiente y los tiempos de aplicación y la temperatura como variables independientes.	48
14 Análisis de Regresión y Correlación Múltiple considerando la mortalidad de los insectos como variable dependiente y los tiempos de aplicación y la temperatura como variables independientes.	52
15 Precios de los insecticidas y costo de las dosis utilizadas en la termonebulización de los vehículos del tipo turismo en el Puesto Cuarentenario del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	53
16 Análisis Incremental efectuado a la termonebulización de insecticidas durante 0.5 minutos. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	54
17 Análisis Incremental efectuado a la termonebulización de insecticidas durante 1.0 minuto. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	55

CUADRO	PAGINA
18 Análisis Incremental efectuado a la termonebulización de insecticidas durante 1.5 minutos. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.	56
11A Análisis de Regresión y Correlación Lineal Simple considerando la mortalidad que se alcanzó con la termonebulización de DICLORVOS, como variable dependiente; se incluye además su modelo estadístico de predicción.	63
12A Análisis de Regresión y Correlación Lineal Simple considerando la mortalidad que se alcanzó con la termonebulización de CIPERMETRINA como variable dependiente; se incluye además su modelo estadístico de predicción.	63
13A Análisis de Regresión y Correlación Lineal Simple considerando la mortalidad que se alcanzó con la termonebulización de DECAMETRINA como variable dependiente; se incluye además su modelo estadístico de predicción.	64

"EVALUACION DE TRES INSECTICIDAS TERMONEBULIZADOS
Y TRES TIEMPOS DE APLICACION COMO TRATAMIENTO
CUARENTENARIO"

"EVALUATION OF THREE THERMONEBULIZED INSECTICIDES
AND THREE APPLICATIONS TIMES AS QUARANTINE
TREATMENTS"

RESUMEN

Esta investigación, cuyo propósito fué fundamentar las acciones encaminadas a la protección del patrimonio agropecuario de Guatemala. Se efectuó con el concurso de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC) y El Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA).

Se evaluaron tres tipos de insecticidas: un fosforado: Diclorvós, y dos piretroides: Cipermetrina y Decametrina y tres tiempos de termonebulización de los mismos: 0.5, 1.0 y 1.5 minutos, con 1.0 minuto de exposición. Estos insecticidas se aplicaron a los vehículos de tipo turismo, que circulan por el puesto cuarentenario de Tecún umán, San Marcos. Las dosis de insecticidas utilizados en la termonebulización fueron: 19.82 cc/litro de Diclorvós, 30 cc/litro de Cipermetrina y 27.5 cc/litro de Decametrina.

Para determinar la efectividad de cada uno de los insecticidas termonebulizados, se colocaron vasos monitores conteniendo insectos plaga en estado adulto dentro de los vehículos a tratar. El estudio estuvo encaminado a determinar con que combinación de insecticida-tiempo de nebulización se alcanzaba la mayor mortalidad de los mismos.

Los resultados que se obtuvieron indicaron que bajo las condiciones actuales de termonebulización de los vehículos tipo turismo (10-20 segundos de aplicación y 30 segundos de exposición), ninguno de los insecticidas evaluados logró el 100% de mortalidad de los insectos tratados. Con el tiempo señalado, los tratamientos a base de Diclorvós permitieron la sobrevivencia del 56.25% de los insectos tratados, mientras que con el uso de piretroides se obtuvo un promedio de más del 45% de sobrevivencia.

Ahora bien, con los tratamientos empleados en ésta investigación, se determinó que entre éstos, los que causaron mayor mortalidad de insectos en estado adulto fueron: Decametrina (100%), Cipermetrina (100%), Diclorvós (99.14%) aplicados durante 1.5 minutos y Cipermetrina (99.85%) durante 1.0 minuto.

Los tratamientos que causaron la menor mortalidad fueron: Diclorvós aplicado durante 0.5 minutos (65.62%) y durante 1.0 minuto (81.67%); y Decametrina (79.74%) aplicada durante 0.5 minutos.

En cuanto al costo de los tratamientos utilizados por vehículo termonebulizado (costos variables), se determinó que el mejor tratamiento fué el de Cipermetrina aplicado durante 0.5 minutos. Este ocasionó la mayor Tasa Marginal de Eficiencia (TME) en la mortalidad de insectos, a un costo de 15 centavos de quetzal. Con este tratamiento se obtuvo un incremento del 25% de mortalidad de insectos con respecto al insecticida de uso actual (Diclorvós), con un incremento en el costo de Q0.08. El tratamiento a base de Decametrina presentó valores negativos en el Análisis Incremental efectuado.

I. INTRODUCCION

En Guatemala, país cuyos principales rublos económicos provienen de la actividad agrícola, se cuentan con 23 puntos legalmente establecidos de entrada al país, a través de los cuales se da el intercambio de productos y subproductos de origen vegetal, animal y otros. En 11 de éstos opera El Sistema Internacional de Fumigación (SIF) del Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), el que a través de sus actividades en los puestos de tratamientos cuarentenarios se minimiza el riesgo de introducción de plagas exóticas, fumigando los productos y transportes que entran al país. Sin embargo, se sabe que las importaciones de productos y subproductos vegetales está directamente afectado por el porcentaje de plagas cuarentenadas existentes en los países de los cuales se importa (25). Por lo que, a medida que el intercambio de productos y subproductos de origen vegetal y animal entre países aumenta, el peligro de diseminación de plagas y enfermedades también aumenta.

Las estimaciones realizadas por El Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, México, Centro América, Panamá y República Dominicana (OIRSA) en base al Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario de sus países miembros y un impacto conservador de daño causado por plagas exóticas alcanza el 5%, si la región no contara con un adecuado sistema cuarentenario. Las pérdidas de la producción agropecuaria regional alcanzarían los aproximadamente \$ 1,225 millones/año (23).

Es importante señalar que en cuarentena, normalmente no se evalúan los procedimientos, ni los resultados, ni se asignan recursos humanos al desarrollo o validación de nuevos métodos cuarentenarios y muy pocas veces o ninguna se llevan a cabo convenios con instituciones de investigación para la evaluación y desarrollo de métodos cuarentenarios (23).

Por lo tanto la evaluación de los tratamientos cuarentenarios utilizando otras alternativas de fumigantes ó insecticidas termonebulizados pueden de cierta forma ayudar con la validación actual de los métodos cuarentenarios y consistirse, siempre y cuando se implementen, como una efectiva primera línea de defensa a la entrada de plagas exóticas a Guatemala.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Sistema Internacional de Fumigación (SIF) es un servicio de apoyo cuarentenario que opera con algunos países miembros del OIRSA, solicitado por sus respectivos Ministerios de Agricultura como Guatemala, el mismo es de gran importancia para la región, ya que disminuye o retarda el ingreso de nuevas plagas a la misma. Como apoyo al servicio cuarentenario regional es imprescindible, por lo tanto, debe verificarse la correcta aplicación de los plaguicidas que se termonebulizan, ya que en cuarentena agropecuaria, se espera que los tratamientos cuarentenarios que se utilizan alcancen el 100% de efectividad en el control de plagas de importancia económica y cuarentenaria; sin embargo, se sabe que el riesgo de introducción de plagas está siempre latente (14). Por ejemplo, sólo en la Aduana Central de Guatemala, existe un 59.15% de riesgo de introducción de plagas por concepto de fumigación y tratamiento de la carga de ingreso al país, lo que se considera bastante alto, y esto es debido a que Sanidad Vegetal no efectúa tratamientos a la carga que ingresa. Velásquez (25) indica que es OIRSA quien realiza esta actividad, por otro lado los productos embalados con marchamos no se fumigan ni en la aduana ni en la almacenadora (23).

En la actualidad los vehículos de tipo turismo que ingresan a Guatemala, son termonebulizados internamente mediante la aplicación de Diclorvós EC al 50% en solución con Diesel. Conviene señalarse, por lo tanto, las incomodidades que ésto representa a los conductores de los vehículos que se termonebulizan, muchos de ellos (60% aproximadamente) se quejan por el olor de la mezcla utilizada (Diclorvós-Diesel), otros (40%) cuestionan la efectividad de la termonebulización y algunos de los turistas (2 al 5%) afrontan problemas respiratorios y de salud (asma, neumonía, otros), los que de ser posible, no quisieran que se les efectuara el tratamiento a sus vehículos.

Debido a lo anteriormente señalado y considerando la importancia y el papel fundamental que los servicios cuarentenarios juegan en la protección de los recursos agropecuarios de Guatemala contra la introducción de plagas y enfermedades exóticas y tomando en consideración las presiones y acuerdos internacionales que actualmente promueven un intercambio comercial más libre de restricciones arancelarias, la Supervisión del SIF Representación Guatemala del OIRSA conjuntamente con la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tomaron la iniciativa de realizar este tipo de investigación en el que se evaluaron dos insecticidas piretroides y el fosforado que se utiliza en la termonebulización actual de los vehículos. Se seleccionaron los piretroides debido a su baja toxicidad en animales de sangre caliente y por su poca o ninguna acumulación en el medio ambiente (6,16,18,19).

Con ésta investigación se demostró la efectividad de la termonebulización de los insecticidas del tipo Piretroide sobre la mortalidad de insectos en estado adultos, lo que hará que su utilización mediante el SIF, a través del tratamiento interno de los vehículos de tipo turismo sea efectivo, ya que puede ser considerado como un tratamiento cuarentenario menos peligroso a la salud humana y animal y sobre todo, sin afectar el medio ambiente con respecto al anteriormente utilizado, ésto siempre que se tomen las debidas precauciones del caso. Por otro lado, con los resultados obtenidos, se fortalecerán las medidas preventivas que desarrollan los servicios de cuarentena como primera línea de defensa, a la entrada de plagas exóticas a Guatemala.

III. MARCO TEORICO

1. MARCO CONCEPTUAL:

1.1. IMPORTANCIA DE LA AGRICULTURA REGIONAL:

El Banco Interamericano del Desarrollo (BID) en su informe anual de 1988 (2), indica que el Producto de Ingreso Bruto (PIB) para la región de Centro América, México y Panamá en 1,987 en términos de producción agropecuaria fué de US \$ 24,497 millones, del que Guatemala aportó el 12.05% (US \$ 2,953 millones). Lo que representa uno de los más importantes rubros dentro de la actividad económica para cada país de la región. Sumado a esa actividad debe resaltarse el impacto nacional que cobra en los siguientes aspectos: generación de empleos, divisas y producción de alimentos para la población.

Miles de plagas de importancia económica han sido reportadas en los diferentes cultivos y animales a lo largo y ancho de todo el mundo. Sin embargo, una gran mayoría de éstas plagas aún no se encuentran en nuestro país, por lo que cualquier esfuerzo dirigido a evitar su ingreso debe realizarse. Se debe considerar, además, que en la región central del continente americano, cada país tiene su propio conjunto de particularidades y problemas, por lo que es fundamental disponer de un sistema de prevención y protección agropecuaria con carácter regional y multicooperativo, orientado a minimizar los riesgos de introducción de nuevas plagas a través de toda una red de estaciones de tratamientos cuarentenarios distribuidas en los diferentes puertos de entrada de plagas exóticas (12).

1.2. CUARENTENA:

El término CUARENTENA deriva de la voz latina "*quarantum*" que significa cuarenta, referente a un periodo de cuarenta días (4).

Originalmente se aplicaba a período de detención de barcos que llegaban de países expuestos a enfermedades epidémicas, como la peste bubónica, cólera y fiebre amarilla, e igualmente la tripulación y pasajeros eran obligados a permanecer aislados a bordo durante un tiempo suficientemente largo como para permitir que los casos latentes de enfermedades se desarrollaran y detectaran antes que cualquier persona fuera autorizada para desembarcar. El término de cuarentena, estableció los aspectos de detención y prácticas relacionadas con la misma. Posteriormente, el término fué trasladado desde el campo de las enfermedades humanas hasta el campo de las enfermedades animales y vegetales, en éste último, referido a la adopción de medidas de exclusión de plagas y enfermedades que afectan los cultivos agrícolas y hortícolas (4). Es así como surge la Cuarentena vegetal.

1.3. PROPAGACIÓN DE PLAGAS POR ACTIVIDADES HUMANAS:

El hombre es un viajero. Viaja dentro de su propio país, entre países y alrededor del mundo. Es altamente adquisitivo. Viaja, estudia, colecciona y trae a casa lo sorprendente, lo útil, lo extraño y lo nuevo. Utiliza barcos, aviones, trenes, etc. para transportarse y para transportar mercaderías dentro del comercio internacional. La carga transportada internacionalmente contiene granos o tiene relación con plantas o productos vegetales, o bien, éstos se adhieren a los vehículos usados (22). Por lo que muchas veces, en forma inconsciente transporta entes biológicos inconvenientes, que muchas veces encuentran las condiciones ambientales apropiadas para establecerse en un nuevo ambiente.

1.4. IMPLICACIONES DERIVADAS CON LA INTRODUCCIÓN DE PLAGAS:

Hentze (13), sin citar la fuente original indica que las principales implicaciones que puede ocasionar la introducción de una nueva plaga se pueden resumir de la siguiente manera:

1) COSTO ECONÓMICO: dependiendo del tipo de plaga y de los recursos agropecuarios que afecte, las pérdidas económicas podrían oscilar entre unos cuantos miles hasta cientos de millones de dólares.

2) COSTO SOCIAL: además de las pérdidas económicas que afectan directamente al agricultor debe considerarse el efecto social provocado por la reducción en la disponibilidad de alimentos, especialmente de aquellos que constituyen las principales fuentes de proteínas y carbohidratos para la población (carne, cereales, etc.).

La introducción de plagas exóticas ha obligado a ciertos países a reducir drásticamente y hasta eliminar la producción de ciertos recursos agropecuarios, disminuyendo las fuentes de empleo, alimento, divisas, etc.

3) COSTO DE ERRADICACIÓN: cuando el costo de convivencia es sumamente alto debe procederse, a erradicar la plaga introducida, lo que conlleva a indemnizar a los agricultores o productores por la eliminación de sus animales, cosechas y/o cultivos afectados, costear las operaciones para la erradicación de la plaga (equipo, vehículos, personal, otros); contaminación ambiental si se requiere el uso de plaguicidas.

4) COSTO POLÍTICO Y COMERCIAL: la presencia de una nueva plaga en un país puede propiciar que los países libres de ésta plaga impongan medidas cuarentenarias que imposibiliten la exportación de aquellos productos afectados por la nueva plaga; esto impediría la promoción de ciertos programas de desarrollo agropecuario, reduciría las exportaciones y afectaría considerablemente el intercambio comercial con los países libres de ésta nueva plaga.

1.5. IMPACTO ECONÓMICO DEL INGRESO DE PLAGAS EXÓTICAS:

Diversos autores y organizaciones coinciden en señalar que las pérdidas provocadas por plagas en la agricultura superan el 30% del valor total de la producción (12).

A través de modelos hipotéticos de estimaciones de beneficio/costo del Sistema Internacional de Fumigación (SIF) y la experiencia sobre el impacto económico que ciertas plagas han tenido sobre la producción agropecuaria donde éstas se presentan se determinó que si en la región de Centro América, incluyendo a México y Panamá no se realizaran tratamientos cuarentenarios y no se ejecutaran todas las medidas cuarentenarias recomendables, se calcula que las pérdidas como consecuencia del ingreso de un grupo de plagas exóticas oscilarían entre el 3 y el 5% del valor de la producción agropecuaria. Para la región mencionada las pérdidas se calcularían en US \$ 735.01 millones con el 12.05% (US \$ 88.59 millones) ocasionadas en Guatemala asumiendo el 3% de pérdidas. Con el 4 y 5% de pérdidas en la región, las pérdidas se estimarían US \$ 979.88 y US \$ 1,224.85 millones, de las cuales a Guatemala corresponderían US \$ 118.12 y US \$ 147.65 millones. Por otra parte, se deben señalar los efectos políticos y sociales que esto conlleva, reducción en la disponibilidad de alimento, fibras y otros, reducción y fuga de divisas, contaminación ambiental con el uso de plaguicidas, reducción de las exportaciones como consecuencia de las medidas cuarentenarias impuestas por los países libres del grupo de plagas exóticas (12).

1.6. ALGUNAS PLAGAS INSECTILES CUARENTENADAS:

Comenzando por los países miembros de OIRSA, las siguientes especies exóticas de plagas vegetales no se sabe aún, que ocurran dentro de la región. Estas incluyen moscas de las frutas de la familia Tephritidae, tales como: La mosca oriental de la fruta *Dacus dorsalis* Hend., la mosca del melón *D. cucurbitae* Coq., la mosca de la fruta Queensland *D. tryoni* Frogg., mosca de las aceitunas *D. oleae* Gmel., *D. zonatus* Saund., mosca de la fruta de Natal *Ceratitis rosa* Karsch., y la mosca de la cereza *Rhagoletis cerasi* Linn. (22).

Las especies mencionadas anteriormente, podrían causar cuantiosas pérdidas económicas a los países miembros del OIRSA una vez introducidas y establecidas, puesto que a través de la región son cultivados frutos tropicales, subtropicales y de clima templado (22).

Las plagas del algodón que son de importancia cuarentenaria para la región del OIRSA, incluyen: *Anthonomus vestitus* Boheman del Perú y Ecuador; *Platyedra vilella* Zell. de algunos países de Europa y Medio Oriente; *Earias insulana* Boisduval de algunos países de Europa, Medio Oriente, Asia y Africa; y *Diparopsis castanea* Hampson y *D. tephargrama* de algunos países africanos (22).

Otras plagas de insectos de importancia cuarentenaria para la región incluyen: *Ostrinia nubilalis* Hubner, *Sesamia cretica* Lederer y *Busseola (= Sesamia) fusca* Fuller, plagas destructivas del maíz y millo de escoba; *Chilo suppressalis* Walk., *Scirpophaga nivella* F., *Sesamia inferens* Walk., y *Triporyza incertulas*, todas plagas serias de arroz; *Proceras venosatus* Walk., plaga de la caña de azúcar; *Sternochetus mangifera* F. un picudo de la semilla de mango; plagas de las papas como: *Premnotrypes vorax* Hustache, *P. solani* Pierce y *Rhigopsidius tucumanus* Heller; *Agriotes lineatus* Linn., plagas que atacan cultivos de raíces, y *Trogoderma granarium* Everts, plaga de productos almacenados (22).

1.7. USO DE FUMIGANTES, AEROSOLES, HUMOS Y NIEBLAS:

Las fumigaciones de cuarentena vegetal tienen por objeto exterminar completamente todas las fases de las plagas contra las que se dirige la cuarentena. Para cada tratamiento prescrito, se han determinado ciertas condiciones necesarias para lograr este grado de eliminación (5).

En la terminología moderna un FUMIGANTE es una substancia química que en estado gaseoso, a temperatura y presión determinadas, tiene la concentración suficiente para resultar letal a ciertos insectos perjudiciales (5,7).

Los fumigantes se utilizan para combatir toda clase de insectos, sin importar el tipo de partes bucales, puesto que el gas entra al cuerpo del insecto a través de los espiráculos durante el proceso de intercambio de gases ó respiración (18).

El proceso de fumigación es muy antiguo, así la quema de resinas aromáticas, yerbas e incienso ha sido ampliamente practicada durante siglos como medio de desinfección (6).

Los AEROSOLES o NEBULIZADORES son suspensiones de macropartículas de líquidos o sólidos dispersados en el aire. Las máquinas que las generan, esparcen partículas muy finas de fumigante, las que permanecen suspendidas en el aire por un tiempo considerable (1,5). Un aerosol insecticida tiene partículas que van de 0.1 a 50 micras (1,5,7,18).

Los generadores de Aerosol o Nebulizadores, están diseñados sobre todo para el tratamiento de espacios cerrados y en general, se deben considerar como aplicadores en el espacio. Este tipo de aplicación de fumigante proporciona muy poca protección residual (7).

En la fumigación de invernaderos, el término "AEROSOL" se utiliza para describir la forma como el insecticida se dispersa después que sale de una botella cilíndrica especial (bombona) donde está disuelto en un líquido volátil mantenido a presión. Al salir al exterior, el líquido se vaporiza y deja las partículas de insecticida suspendidas en el aire en forma de niebla fina. Esta forma de aplicación se distingue de la generación de nieblas y humos. No todos los insecticidas pueden desprenderse eficazmente de gases licuados, porque a veces existen dificultades técnicas para encontrar los disolventes apropiados y producir preparados que no ocasionen la obturación de las tuberías en el momento de la descarga (5).

En general, las sustancias tóxicas de presión de vapor mayor son las más eficaces; esto puede deberse en parte a un efecto de fumigación, que consiste en la liberación de gases por efecto de

una presión suficiente del insecticida sobre el insecto envenenado (5). Las pérdidas económicas a los países miembros del MERCOSUR una vez que se introducen los aerosoles, es que no penetran en el suelo y por ello no son eficaces en el control plagas como las babosas y los caracoles, las cochinillas de humedad se eliminan en cierta medida, pero, para obtener resultados "satisfactorios" hay que repetir los tratamientos a intervalos regulares. En la actualidad se sabe muy poco acerca del modo de acción de los aerosoles sobre insectos y ácaros (5).

Los fumigantes, como gases que son, se difunden en forma de moléculas aisladas, lo que les permite penetrar en el material que se fumiga y difundirse después por él. Por otra parte, los aerosoles son incapaces de penetrar aún a cortas distancias en el interior de materiales, debido a que sus partículas quedan depositadas en las superficies exteriores (5,7,18).

Los HUMOS insecticidas y acaricidas son especialmente útiles en los invernaderos pequeños. Estas sustancias tóxicas se mezclan con un combustible en un recipiente especial que permita una ignición y una descarga pronta. Tales recipientes son por lo general latas y recipientes encerados que popularmente se denominan "Fumigadores a Presión" o "Humos". Las materias que pueden utilizarse en esta forma son menores en número que las que pueden utilizarse en los aerosoles. En términos generales, los humos insecticidas causan menos daño a las plantas que los aerosoles. Los humos se difunden fácilmente por oficinas y habitaciones inmediatas a los lugares de tratamientos (5). El tamaño de las partículas son muy pequeñas para chocar fácilmente con los insectos voladores y producen poco o ningún efecto residual, el diámetro de las mismas varían de más o menos de 0.3 a 2.0 micras (18).

Estos humos, a diferencia de los gases fumigantes, no poseen propiedad de difusión y no penetran apreciablemente en los huecos y ranuras, más aún, casi todos los insecticidas son descompuestos apreciablemente por la temperatura producida en la mezcla y sufrir hasta el 30% de descomposición (18).

La producción de "NIEBLAS" constituye, una modificación de la técnica de pulverización. Mediante aire comprimido, soluciones concentradas de pulverizados se obligan a pasar por atomizadores a fin de que se formen gotitas pequeñas (5). Fritchar (1,949) citado por Bond (5), indica que este método se ha utilizado para dispersar insecticidas y acaricidas por medio de máquinas generadoras de niebla portátiles. La niebla es una dispersión de insecticida en aire cuyas gotas tienen un tamaño entre 50 a 100 micras (1).

1.8. CONTROL DE CALIDAD DE LOS TRATAMIENTOS CUARENTENARIOS:

El control de calidad no es más que una serie de medidas y evaluaciones rutinarias por medio de las cuales se verifica que los procedimientos y los resultados o el producto de tales procedimientos cumplen con ciertos estándares y objetivos establecidos y aceptables que exige un determinado público (14).

Por medio del Programa de Control de Calidad se pretende, que el Servicio Internacional de Fumigación (SIF) mantenga y supere su nivel operativo y de eficiencia en la supresión de plagas que viajan en los diferentes productos agropecuarios y medios de transporte (vehículos, contenedores, aviones, otros) que ingresan a la región (14).

1.9. VENTAJAS DEL SERVICIO INTERNACIONAL DE FUMIGACIÓN:

Hentze (12) sin citar la fuente original, concluye que las ventajas que El Servicio Internacional de Fumigación (SIF) para los países que lo utilizan resultan importantes, entre las que se señalan:

- 1) Los tratamientos cuarentenarios eliminan o minimizan el riesgo de introducción de plagas.
- 2) Se protege y reduce el daño de los productos agropecuarios que ingresan al país de las plagas cosmopolitas, tal el caso de los granos básicos, lo que aumenta la disponibilidad de alimento.

- 3) Mercaderías a las que se les prohibía el ingreso a través de una cuarentena absoluta, se les permite, luego de tratarlas mediante El SIF, su ingreso. Lo que permite el intercambio comercial sea más ágil, lo que a su vez beneficia a exportadores y consumidores.
- 4) El costo de los tratamientos es más bajo que el ofrecido por empresas privadas debido a que se busca la autosuficiencia y no alta rentabilidad.
- 5) El personal es especializado y los tratamientos se realizan bajo un sistema regional estandarizado.
- 6) Los tratamientos que realiza El SIF eliminan los riesgos que se presentan por causa de inspecciones deficientes a las mercaderías que se importan, el reducido tamaño y tipo de hábitos de ciertas plagas y enfermedades que dificultan su detección.
- 7) Los tratamientos cuarentenarios que realiza El SIF a productos de exportación promueven e incrementan la confianza de los servicios de inspección en los países importadores, debido a que no se encuentran plagas asociadas a estas mercaderías.
- 8) El excedente o superávit obtenido de la realización de los tratamientos se invierte en el pago de técnicos en Sanidad Vegetal y Animal, y Servicios Cuarentenarios que apoyan las diferentes labores técnicas a las instituciones fito y zoonosanitarias de los países. Se publican documentos técnicos, se apoyan campañas sanitarias, se realizan cursos de capacitación, se preparan proyectos para fortalecer los servicios sanitarios a través de la búsqueda de financiamiento externo, y muchas otras actividades en apoyo a la sanidad agropecuaria de la región.

1.10. LA FUMIGACIÓN DE VEHÍCULOS COMO TRATAMIENTO CUARENTENARIO:

Hentze (13) citando varias fuentes indica que las plagas de interés cuarentenario y económico pueden transportarse de un lugar a otro por diversos medios, tales como: barcos, automóviles, ferrocarriles, contenedores, aviones, etc., y no necesariamente

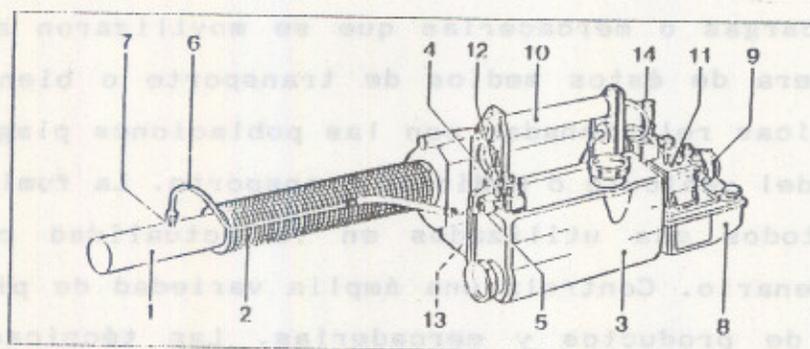
encontrándose en sus hospederos específicos. Lo que puede deberse a las cargas o mercaderías que se movilizaron anteriormente en cualquiera de éstos medios de transporte o bien, a situaciones casuísticas relacionadas con las poblaciones plaga en el país de origen del vehículo o medio de transporte. La fumigación es uno de los métodos más utilizados en la actualidad como tratamiento cuarentenario. Controla una amplia variedad de plagas en un gran número de productos y mercaderías. Las técnicas de fumigación presentan ventajas al poderse aplicar o adaptar a una multitud de situaciones y condiciones. Normalmente la dosis del fumigante está relacionada con el tipo de plaga, la temperatura, el tiempo de exposición y la naturaleza de la mercadería o vehículo.

En Guatemala, los fumigantes más utilizados en tratamientos cuarentenarios son: Bromuro de metilo (CH_3Br) y Fosfamina ó Fosfina (H_3P = Fosfuro de Hidrógeno), ambos utilizados para el tratamiento bajo carpas de mercadería o productos de almacenamiento. Diclorvós (DDVP) EC al 50% para fumigación interna de vehículos y Thiodán (Endosulfán) 35 EC, para la aspersion externa inferior de los vehículos que pasan por las aduanas guatemaltecas en los puntos terrestres de entrada al país.

1.11. PRINCIPIO DE LA TERMONEBULIZACION DE VEHICULOS:

La fumigación de los vehículos en las aduanas o inspectorías terrestres se hace con el uso de bombas motorizadas NEBULIZADORAS (*swingfog*) de 6 lts. de capacidad de solución de la mezcla (21).

El tipo de bomba que termonebuliza el insecticida en solución con Diesel, así como las partes que la integran, se observa con más detalle en la figura 1.



- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 Tubo nebulizador | 8 Depósito de gasolina |
| 2 Tubo refrigerador y resonador | 9 Válvula de admisión de aire |
| 3 Depósito de la solución | 10 Bomba de arranque |
| 4 Llave de paso | 11 Carburador |
| 5 Boquilla intercambiable | 12 Cámara de presión |
| 6 Cámara de la solución | 13 Tubo para baterías |
| 7 Tobera nebulizadora | 14 Brujía |

FIGURA 1. Bomba termonebulizadora (*Swingfog*) y las partes que la componen. Utilizada en la nebulización interna de insecticidas en vehículos del tipo turismo. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

El principio consiste en que en una cámara de combustión se producen oscilaciones por la combustión originada al quemar una mezcla de gasolina y aire, las que hacen oscilar 90 veces por segundo aproximadamente a una columna de gas que se encuentra dentro de un resonador. En forma simplificada, la descripción puede semejarse al funcionamiento de un sistema a reacción (pulso reactor). A ésta columna de gas ó de escape de la combustión, se le inyecta la mezcla o solución al final de un tubo resonador, que por su fuerza de salida y debido al calor, corta y atomiza el líquido en finisimas gotas de aerosol semejante a una niebla liviana y flotante (21). En la figura 2, se puede observar el esquema en el que se basa el funcionamiento de la bomba termonebulizadora (*swingfog*), la que muestra la cámara de combustión y el resonador.

Debido a la rapidez del proceso, las gotas no tienen tiempo de ser influenciadas mayormente por el calor. La temperatura del producto a la salida de la tobera (tubo nebulizador), alcanza entre

40 - 60°C aproximadamente, siendo la permanencia de las gotas en ese lugar solamente de unas 4 a 5 milésimas de segundo. Debido a esto último, también es posible la utilización de productos relativamente sensibles al calor, sin que estos sufran daño o alteraciones (21).

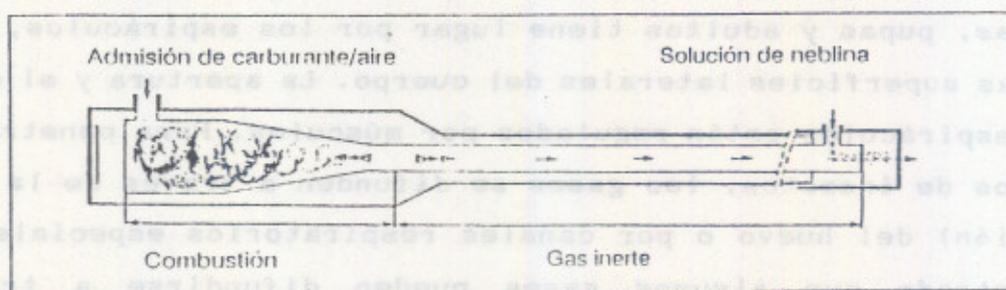


FIGURA 2. Principio del funcionamiento de la bomba termonebulizadora (*Swingfog*), mostrando la cámara de combustión y el resonador. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

1.12. ESTADO ACTUAL DE LA FUMIGACION:

Los fumigantes son ampliamente utilizados para el control de insectos y otros organismos perjudiciales. Debido a sus características exclusivas y a la gran adaptabilidad de la técnica de fumigación, éstos productos pueden producir un control efectivo y económico en casos en que no es posible aplicar otras técnicas de control. Los tratamientos de control pueden ejecutarse sobre materiales infestados sin ocasionar en éstos trastorno alguno (5,7).

La producción de láminas plásticas livianas para encerrar recintos o materiales que necesitan fumigarse, ha generalizado el uso de fumigantes y hecho más fácil y mucho más adaptable los procedimientos de control. Varios tipos de desarrollos tecnológicos

modernos, incluyendo el uso de instrumentos para la detección y análisis del gas, formulaciones mejoradas, así como aumento de la demanda por procedimientos más efectivos y económicos de control, han contribuido mucho a mejorar los procedimientos de fumigación (5,7)

1.13. TOXICIDAD DE LOS FUMIGANTES PARA LOS INSECTOS:

Los fumigantes penetran en los insectos principalmente por el aparato respiratorio (18). La penetración en este aparato en la larvas, pupas y adultos tiene lugar por los espiráculos, situados en las superficies laterales del cuerpo. La apertura y el cierre de los espiráculos están regulados por músculos. Para penetrar en los huevos de insectos, los gases se difunden a través de la membrana (corión) del huevo o por canales respiratorios especiales. Se ha demostrado que algunos gases pueden difundirse a través del integumento de los insectos, pero actualmente se desconoce la importancia relativa de esta vía para la penetración de los fumigantes. Se sabe que el envenenamiento de un insecto por un fumigante influye el ritmo respiratorio del mismo; cualquier factor que aumente dicho ritmo tiende a hacerlo más sensible (5).

1.14. LA TEMPERATURA EN LA TOXICIDAD DE LOS FUMIGANTES:

El factor extrínseco que más influye en la acción de los fumigantes sobre los insectos es la temperatura. Se sabe que la concentración necesaria de un fumigante para matar una fase determinada de un insecto disminuye al aumentar la temperatura, con valores de fumigación normales comprendidos entre 10 y 35°C. Debido a que el ritmo de respiración de los insectos se hace más vivo como reacción al aumento de la temperatura. Con temperaturas menores de 10°C, el aumento de la absorción de gas por el cuerpo del insecto puede contrarrestar los efectos de la disminución de la respiración y la resistencia de los insectos puede también debilitarse (5).

1.15. LA ADSORCIÓN DEL FUMIGANTE POR LOS INSECTOS:

La adsorción es el factor físico más importante que modifica la penetración de los fumigantes. La cantidad de gas adsorbido físicamente aumenta a medida que desciende la temperatura, por lo que es necesario añadir progresivamente más fumigante, para mantener concentraciones que actúen activamente sobre los insectos. A causa de este efecto inverso, a temperaturas bajas, la difusión del gas en el material es más lenta durante el tratamiento y se produce después una disminución correspondiente en la velocidad de desorción (5).

1.16. RESISTENCIA ADQUIRIDA DE LOS INSECTOS:

Bond (5) citando a varios autores indica que en una prospección mundial de insectos plagas de productos almacenados, se determinó que existían insectos resistentes a fumigantes.

En recolecciones de 849 razas de insectos procedentes de 82 países, se demostró que un 20% de ellos tenían algún grado de resistencia a la fosfamina (fosfuro de hidrógeno), y un 5% al bromuro de metilo (monobrometano). El mayor nivel de resistencia (10 a 12 veces lo normal) se encontró en el taladrador menor de los cereales *Rhizoperta dominica* (F) (5).

A través de experimentos de laboratorio se ha demostrado que un cierto número de insectos perjudiciales a los productos almacenados son capaces de desarrollar un nivel apreciable de resistencia a los fumigantes. En el caso del gorgojo del granero *Sitophilus granarius* L., se ha logrado seleccionar una cepa 12 veces resistentes al bromuro de metilo. En tanto que el escarabajo rojo de la harina *Tribolium castaneum* Herbst., se ha logrado desarrollar una raza 10 veces resistente a la fosfamina, en 6 generaciones, tanto en estados inmaduros como en estado adulto. Se ha detectado resistencia a la fosfamina en el gorgojo Khapra *Trogoderma granarium* Everts. *Tribolium castaneum* también presenta cierto nivel de resistencia al Dibromuro de Etileno (DBE) (5).

Todas las fases del escarabajo *Khaphra Trogoderma granarium* E. o de otros escarabajos del género *Trogoderma* y las larvas y adultos de *Tenebroides mauritanicus* L., muestran una resistencia excepcional al óxido de etileno y a los fumigantes que son hidrocarburos halogenados, como bromuro de metilo, dibromuro de etileno y dicloruro de etileno, sin embargo, son muy sensibles al ácido cianhídrico (HCN) (5).

El problema de la adquisición de resistencia de los insectos a los fumigantes, es serio, no sólo en atención al gran valor que éstos materiales tienen para el control de plagas, sino también por el limitado número de productos disponibles para este propósito. Aún, reducidos niveles de resistencia en insectos cosmopolitas pueden ser fácilmente distribuidos a otras partes del mundo, lo podría acarrear serias consecuencias (5).

La resistencia es el resultado de la selección Darwiniana y se debe esperar que se desarrolle dondequiera que los insectos sean expuestos por largos periodos a niveles escogidos del insecticida que causa ciertos grados de mortalidad menores del 100%. El cambio hacia la resistencia será más brusco cuando el nivel de selección sea más alto, en términos de porcentaje de mortalidad, entonces habrá menos resistencia en su desarrollo cuando el área contaminada con el insecticida sea más amplia y la población circundante no tratada sea más pequeña (7).

1.17. DESARROLLO DE RESISTENCIA:

Al exponer una población de insectos a un insecticida, algunos individuos son muertos más fácilmente que otros. Aquellos más difíciles de matar pueden sobrevivir después del tratamiento y producir descendencia que también resulta difícil de matar. Se dice que esos insectos son más tolerantes porque pueden soportar dosis más altas de veneno. Si una población es tratada en forma repetida con el mismo insecticida y cada nueva generación tiene una creciente mayor tolerancia, entonces se produce una raza

resistente. La resistencia es una característica genética que es transmitida de una generación a la siguiente (5,18,19).

La resistencia a insecticidas que se observa en varias plagas de importancia económica, es quizás una de las principales limitantes que impiden la planeación a largo plazo de la producción agrícola en cultivos extensivos. Son numerosas las especies insectiles reportadas con resistencia a uno o más insecticidas, lo que hace más serio el problema debido a varios factores, entre los que se señalan: a) no se cuenta con un número ilimitado de insecticidas diferentes; b) la resistencia a un tóxico se extiende a otros compuestos con estructura relacionada; c) siempre se depende de la industria química extranjera en la elaboración de nuevos insecticidas sintéticos, y d) el incremento en el costo de desarrollo de nuevos insecticidas (16,17,18).

1.18. INSECTICIDA DE USO ACTUAL EN LA TERMONEBULIZACION DE VEHICULOS:

Anteriormente se mencionó que el insecticida de uso actual en la termonebulización interna de vehículos, es el Diclorvós EC al 50%. Este insecticida, que a veces se abrevia DDVP ó DDVF, presenta alto punto de ebullición y bajo punto de presión de vapor que al ser utilizado como fumigante no es capaz de penetrar las materias sólidas (5), lo que le permite ser utilizado eficazmente contra insectos voladores presentes en las cabinas de los vehículos.

El Diclorvós es un insecticida volátil de contacto y digestivo y un acaricida de persistencia muy corta, y es unas mil veces más volátil que la mayoría de los insecticidas OP (= OF) Organo Fosforados. El Diclorvós es de rápida acción de "derribo", se utiliza como insecticida contra plagas domésticas (moscas, cucarachas, etc.), ya que se degrada rápidamente en los mamíferos a sustancias atóxicas (6). La toxicidad del Diclorvós para los mamíferos es moderadamente alta por ingestión, inhalación y absorción por la piel (5,6).

El modo de acción del Diclorvós, como el de los insecticidas fosforados, inhibe aparentemente la acción de varias enzimas; pero la actividad más importante *in vivo* es contra la enzima acetilcolinesterasa. Esta enzima verifica la hidrólisis de la acetilcolina que se genera en las uniones nerviosas, hasta colina. En la ausencia de acetilcolinesterasa efectiva, la acetilcolina liberada se acumula e impide la transmisión continua de impulsos nerviosos a través del espacio sináptico en las uniones nerviosas. Esto ocasiona la pérdida de coordinación muscular, convulsiones, y finalmente la muerte (6).

1.19. LOS INSECTICIDAS PIRETROIDES UNA POSIBLE ALTERNATIVA EN LA TERMONEBULIZACION INTERNA DE VEHICULOS:

Los compuestos de éste grupo se han sintetizado tomando como base la estructura química de las piretrinas naturales de las flores *Chrysanthemum cinerariaefolium* con quienes comparten varias características toxicológicas (6,18,19). Los Piretroides han recibido mucha atención en los últimos años por su utilidad como productos alternativos en el combate de plagas agrícolas (6,17).

No se sabe mucho sobre como los piretroides producen ese "derribo" ("Knock down") instantáneo en los insectos voladores. Su acción primaria debe ser sobre el sistema nervioso, ya algunos estudios histológicos han revelado una desorganización extensiva de ese tejido nervioso (6).

Los Piretroides afectan tanto el sistema nervioso central como el periférico de los insectos tratados causando descargas repetidas seguidas de convulsiones de los insectos. Aplicaciones de concentraciones altas de Piretroides han dado como resultado el bloqueo total de la transmisión nerviosa (6).

Lagunes Tejeda (16) citando a varios investigadores, indica que el uso de los insecticidas del grupo de los piretroides ha tomado mucha importancia debido a su baja toxicidad en animales de sangre caliente y su poca o ninguna acumulación en el medio

ambiente. El Piretro tiene alta toxicidad para artrópodos y baja toxicidad para animales de sangre caliente, repele a ciertos insectos y sus residuos son de vida corta (6,18,19). Estas dos últimas características evitaron la prolongada exposición de los insectos al piretro, lo que contribuyó a que no se reportaran casos de resistencia a éste producto a pesar de haberse empleado por muchos años (6,16,17).

Estudios metabólicos realizados en insectos y mamíferos han indicado que las piretrinas naturales son pocos sensibles al ataque de las esterasas (enzimas que hacen inactivo al compuesto al separar al ácido y al alcohol que forman la molécula) porque contienen alcoholes secundarios. Como ejemplo de esta modificación química se sintetizó la cipermetrina que es simplemente la permetrina con el grupo ciano. La cipermetrina tiene mayor actividad insecticida y un poco más de toxicidad en mamíferos que la permetrina (6,16).

Investigaciones posteriores dieron como resultado la síntesis de la decametrina, que es similar a la cipermetrina, pero con átomos de bromo sustituyendo a los de cloro en la parte ácida de la molécula. La decametrina es considerada como el insecticida lipofilo más tóxico que se ha sintetizado (6,16,17).

1.20. FUNDAMENTACIONES AL USO DE PIRETROIDES (6,16):

La toxicidad de los piretroides al igual que el DDT, está inversamente relacionada con la temperatura; lo que significa que dentro de los límites normales de fluctuación de temperatura, a menor temperatura mayor toxicidad.

La resistencia a los insecticidas, entre otros puede darse debido a la presencia del factor *kdr* (resistencia al derribe ó "*Knock down*") en los individuos tratados; y en el caso de los piretroides también puede darse. Esto no significa que el uso continuo de piretroides dará como resultado un rápido desarrollo de resistencia a los insecticidas piretroides. Solo se dará en áreas

con poblaciones plagas resistentes al DDT y que se deba al factor *kdr*.

Los tres principales mecanismos de resistencia a piretroides son: a) insensibilidad en el sitio de acción, también conocido como factor *kdr* (Knockd down resistance ó resistencia al derribo); b) menor penetración del insecticida, y c) mayor metabolismo del insecticida por oxidasas.

El factor *kdr* es incompletamente recesivo (por lo tanto, el alelo susceptible es incompletamente dominante) en su manifestación genética, lo que sugiere la aplicación de otro insecticida (otro grupo toxicológico) antes que aumentar la dosis de piretroides cuando éste empieza a fracasar.

Los piretroides tienen una relativa fotoestabilidad, sin embargo a pesar de esta aún pueden ser degradados por la luz.

El uso de piretroides en mezclas con otros insecticidas. Con la finalidad de que los componentes de la mezcla tengan diferentes modos de acción, diferentes rutas de detoxificación, similar grado de intemperización y que sean compatibles para que sus toxicidades no disminuyan.

Si un organismo es capaz de sobrevivir a un tóxico, no lo logrará con el otro en la mezcla. La mezcla de insecticidas pueden actuar como sinergistas, y en general se cree que éstos sinergistas actúan bloqueando la acción de enzimas que degradan a los insecticidas. Sin embargo, por el momento es más efectivo la utilización de piretroides sin mezclarlo.

El uso de piretroides debe ser secuencial o rotacional. Los piretroides causan resistencia cruzada a todos los demás piretroides, por lo que no conviene iniciar la temporada de aplicaciones en áreas con abundante uso de insecticidas.

La utilización de piretroides debe limitarse a cultivos industriales y no en cultivos básicos, para no comprometer el control futuro de plagas en cultivos como: maíz, frijol, trigo, etc., por lo menos hasta que no haya más información al respecto.

2. MARCO REFERENCIAL:

2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:

El municipio de Tecún Umán conocido con el nombre de Ayutla, depto. de San Marcos, dista 251 kilómetros de la ciudad capital. Se encuentra a una latitud de 14° 40' 39", una longitud de 92° 08' 26" y una altitud que oscila entre 0 - 100 msnm. Tiene una temperatura media anual de 26°C, con una máxima y una mínima de 35 y 20 °C, respectivamente, con un régimen de lluvias de 3300 mm de precipitación media anual; ubicado en una zona de vida según Holdridge de Bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido (10,11).

2.2. INSECTOS MONITORES:

1. GORGOJOS DE GRANOS ALMACENADOS:

Los insectos del Orden Coleoptera se emplean en las fumigaciones experimentales. Especies tales como los gorgojos del trigo y del maíz *Sitophilus granarius* L. y *S. zeamais* Mots., de la familia Curculionidae respectivamente, y los gorgojos de las harinas *Tribolium confusum* Duv. y *T. castaneum* Herbs., de la familia Tenebrionidae, así como el pequeño barrenador de los granos *Rhizopertha dominica* F. de la familia Bostrichidae; son todas especies fáciles de criar ó reproducir, y apropiadas para la experimentación con fumigantes. Estos insectos responden de modo diverso a los distintos fumigantes. Por ejemplo, *S. granarius* es más resistente al HCN y a la cloropicrina, y *T. confusum* lo es más al CS₂, al óxido de etileno y al bromuro de metilo (5).

FAMILIA TENEBRIONIDAE:

Esta familia agrupa un número relativamente pequeño de plagas de granos y otros productos almacenados, los que son considerados como plagas secundarias de los granos y primarias de los productos de su molienda. Dentro de esta Familia se encuentran las especies *Tribolium confusum* Jacqueline du Val conocido como Gorgojo confuso de la harina y *Tribolium castaneum* Herbst. conocido como Gorgojo

castaño de la harina (8). Como se apuntó anteriormente, son especies resistentes, a los insecticidas, su multiplicación en harina íntegra se logra de 2 a 4 semanas, y son sensibles a las bajas temperaturas, por lo que para utilizarse en fumigaciones experimentales, la temperatura debe ser mayor de 10 °C (5).

FAMILIA BOSTRICHIDAE:

En esta familia se encuentra El Pequeño Barrenador, Barrenillo ó Taladrillo de los granos, la especie *Rhizoperta dominica* Fabricius. Esta especie considerada como plaga primaria ataca granos enteros y sanos, se encuentra distribuida en todo el mundo tendiendo a predominar sobre otras especies en climas cálidos o templados con bajas humedades relativas o bajo contenido de humedad de los granos. Son especies lentas para caminar debido a que poseen patas cortas, pero generalmente son buenos voladores (8). También poseen cierto nivel de resistencia a los fumigantes (5).

FAMILIA CURCULIONIDAE:

Aproximadamente 30 especies de esta familia se han reportado viviendo en granos almacenados, y de éstas, tres constituyen una de las plagas más importantes por la gran capacidad destructiva tanto en estado adultos como en estado de larva y por su amplia distribución mundial. *Sitophilus granarius* L. conocido como gorgojo de los graneros o del trigo, tiende a predominar en zonas frías o templadas, mientras que *S. zeamais* Mots. el gorgojo del maíz y *S. oryzae* L., el gorgojo del arroz, predominan en las regiones subtropicales y tropicales (8).

2. MOSCAS DE LAS FRUTAS:

FAMILIA TEPHRITIDAE:

Cerca de 2 mil especies distribuidas en todo el mundo representan a la Familia Trypetidae (=Eurobiidae, Tephritidae, Trypaneidae) del Orden Diptera. Son moscas exclusivamente fitófagas y de hábitos diversos que atacan en su estado larvario, alimentándose principalmente de la pulpa de los frutos. La especie *Ceratitis capitata* Wied. es una de las plagas más perjudiciales en todo el mundo. Es conocida como mosca del mediterráneo (= MOSCAMED) (20).

Los países invadidos soportan cuantiosas pérdidas, no tan solo por la gran cantidad de fruta desechada por agusanamiento, sino también por la pérdida de mercados internacionales debido a las estrictas medidas cuarentenarias que se ejercen en los países libres de ésta plaga. Debe sumarse además, el alto costo de los programas de combate y erradicación que han tenido que soportar algunos países, lo que hace de ésta mosca uno de los insectos más temidos (20).

3. MOSCAS DEL GUSANO TORNILLO:

FAMILIA CALLIPHORIDAE:

En ésta familia se encuentra una de las especies más perjudiciales a la ganadería de cualquier país del mundo. La mosca verde de la especie *Cochliomyia (Callitroga) hominivorax* Coq. = (*C. americana* C. y P.), que pone sus huevecillos en las orillas de las heridas de los animales, tales como cortadas causadas por los alambres de púas, rasguños de las peleas, manchas de sangre en donde las garrapatas u otras moscas han mordido al animal, las marcas, ojos enfermos, y heridas causadas en el descornado y la castración. La larva de ésta mosca es conocida con el nombre de Gusano Tornillo ó Tórsalo. Esta plaga está distribuida desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina, ocasionalmente en el verano, puede llegar hasta Canadá, prosperar allí varios meses y fallecer al llegar la época fría (18).

2.3. INSECTICIDAS TERMONEBULIZADOS:

DICLORVÓS (DDVP):

El Diclorvós es un insecticida Organofosforado, que actúa por contacto, inhalación e ingestión. Altamente letal para los insectos. El Diclorvós pertenece al grupo de los Organofosforados alifáticos con enlaces P=O y 1 ó 2 grupos metil unidos al átomo de fósforo reactivo, además presenta una rápida degradación en el medio ambiente, su ingrediente activo es el O,O-dimetil-O-(2,2-diclorovinil)-fosfato ó 2,2- Dicloroethenil-dimetil-fosfato. Se utiliza contra plagas caseras, plagas que afectan la salud pública y plagas de granos almacenados. En su aplicación no contamina el medio ambiente ni los alimentos guardados. La toxicidad del DDVP en los mamíferos es moderadamente alta por ingestión, inhalación y absorción por la piel (5,9).

CIPERMETRINA:

La Cipermetrina es un insecticida piretroide que actúa por contacto e ingestión. Tiene un efecto persistente en los insectos y controla todos los estados de una amplia gama de plagas, y es eficaz contra insectos que han desarrollado resistencia a los insecticidas comunes (organofosforados). Su ingrediente activo es el (+)α-ciano-3-fenoxibencil (+)cis, trans,-3-(2,2 dicloro vinil)-2,2-dimetil ciclopropano carboxilato. Está ubicado de bajo a moderadamente tóxico en animales de sangre caliente, la absorción por la piel es relativamente bajo, y puede producir alergias y causar irritaciones en los ojos. Es altamente tóxico para peces y abejas, no persiste en el suelo y no tiene efecto fitotóxico (9).

DECAMETRINA (DELTAMETRINA):

La Decametrina ó Deltametrina es un insecticida piretroide que actúa por contacto e ingestión. Tiene un efecto altamente persistente que resiste el efecto de lavado por lluvia y estable a la luz. Es inofensivo para los animales de sangre caliente y muy

tóxico para los animales de sangre fría como los insectos, crustáceos, peces, reptiles, etc. y sin ningún efecto fitotóxico. Su ingrediente activo es el (S)- α -ciano-m-fenoxibenzil (1R,3R)-3-(2,2-dibromovinil)-2,2-dimetil-ciclopropano carboxilato (9).

2.4. DOSIS DE LOS INSECTICIDAS TERMONEBULIZADOS:

Todos los insecticidas evaluados fueron del tipo Concentrado Emulsionable (CE). Como disolvente del insecticida se utilizó Diesel, el que causó la dispersión del insecticida en forma de humo o niebla fina. Las dosis (cc/litro de diesel) que se utilizaron en la termonebulización se presentan en el cuadro 1.

CUADRO 1. Dosis de insecticidas termonebulizados a vehículos del tipo turismo en el puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

Tipo de insecticida	Dosis utilizada
Diclorvós	19.82 cc/litro
Cipermetrina	30.00 cc/litro
Decametrina	27.50 cc/litro

IV. OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL:

Determinar la mortalidad de insectos en estado adulto con la termonebulización de los insecticidas Diclorvos, Cipermetrina, y Decametrina en vehículos del tipo turismo durante 0.5, 1.0 y 1.5 minutos.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Determinar el tipo de insecticida que aplicado en forma termonebulizada durante 0.5, 1.0 y 1.5 minutos ocasiona la mayor mortalidad de insectos.
2. Determinar el tipo de insecticida que ocasiona la mayor eficiencia en la mortalidad de insectos al menor costo.

V. HIPOTESIS

Hay un insecticida que al ser termonebulizado durante el mismo tiempo que otro ocasiona mayor mortalidad que los demás

VI. METODOLOGIA

1. DISEÑO EXPERIMENTAL:

En ésta investigación se utilizó un arreglo entre tratamientos de tipo Factorial Simétrico 3^2 con una distribución en bloques al azar y 7 repeticiones. Un factor lo constituyó el tipo de insecticida que tuvo a su vez 3 niveles: Diclorvós, Cipermetrina y Decametrina. El otro factor fué el tiempo de aplicación, que también contó con 3 niveles: 0.5, 1.0 y 1.5 minutos (obsérvese el cuadro 2).

1.1. MODELO ESTADÍSTICO:

$$Y_{jkl} = \mu + \beta_j + A_k + B_l + AB_{kl} + \epsilon_{jkl}$$

Donde: $j = 7$ repeticiones

$k = 3$ tipos de insecticidas

$l = 3$ tiempos de aplicación

Y_{jkl} = Variable de respuesta asociada al jk -ésimo vehículo termonebulizado.

μ = Efecto de la media general

β_j = Efecto del j -ésimo bloque

A_k = Efecto del K -ésimo tipo de insecticida

B_l = Efecto del l -ésimo tiempo de aplicación

AB_{kl} = Interacción del k -ésimo tipo de insecticida con el l -ésimo tiempo de aplicación

ϵ_{jkl} = Error experimental asociado al jkl -ésimo vehículo termonebulizado

1.2. UNIDAD EXPERIMENTAL:

La unidad experimental estuvo constituida por un vehículo del tipo turismo de 3.73 m^3 en el que se colocaron los vasos monitores conteniendo insectos en estado adulto. Para cada tratamiento se escogió un vehículo diferente y evitar de esa manera, riesgos de posibles residuos y sesgo en la información.

2. DESCRIPCIÓN Y LISTADO DE TRATAMIENTOS:

Los tratamientos evaluados fueron 9, constituidos por las distintas combinaciones de niveles y factores, los que pueden observarse en los cuadros 2 y 3.

CUADRO 2. Factores y niveles utilizados en la evaluación de insecticidas termonebulizados y tiempos de aplicación en el puesto cuarentenario del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

Factor A: Insecticida	Factor B: Tiempo
Nivel 1: Diclorvós	Nivel 1: 0.5 minutos
Nivel 2: Cipermetrina	Nivel 2: 1.0 minutos
Nivel 3: Decametrina	Nivel 3: 1.5 minutos

CUADRO 3. Listado de tratamientos evaluados en el puesto cuarentenario del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

Tratamiento	Combinación Insecticida/Tiempo de aplicación
1.	Diclorvós aplicado durante 0.5 minutos
2.	Diclorvós aplicado durante 1.0 minutos
3.	Diclorvós aplicado durante 1.5 minutos
4.	Cipermetrina aplicada durante 0.5 minutos
5.	Cipermetrina aplicada durante 1.0 minutos
6.	Cipermetrina aplicada durante 1.5 minutos
7.	Decametrina aplicada durante 0.5 minutos
8.	Decametrina aplicada durante 1.0 minutos
9.	Decametrina aplicada durante 1.5 minutos

3. VARIABLES DE RESPUESTA:

1. Cantidad de insectos muertos/tratamiento/repetición.
2. Relación entre tiempo de aplicación de los insecticidas termonebulizados y cantidad de insectos muertos.
3. Relación entre temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y cantidad de insectos muertos.
4. Relación entre tiempo de termonebulización, temperatura interna registrada dentro de los vehículos y cantidad de insectos muertos.
5. Costo por volumen (Q/lt) de los insecticidas evaluados.

4. MANEJO DEL EXPERIMENTO:

En cada vehículo nebulizado se colocaron tres monitores conteniendo insectos en estado adulto, dos de los cuales contenían 15 insectos cada uno del Orden Díptera y uno conteniendo 26 insectos del Orden Coleóptera, éste último Orden formado por 3 familias de insectos plaga (obsérvese el cuadro 4). Simultáneamente a la colocación de los monitores dentro de los vehículos, se introdujo un termómetro para determinar la temperatura antes y después de la termonebulización.

4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MONITORES:

Un monitor lo formó un vaso de polietileno con una capacidad de 250 cc y con un diámetro de 22 cm. Los vasos monitores utilizados en cada tratamiento se identificaron colocándole a cada uno, una etiqueta de 5.08 cm^2 en la que se anotó el No. de tratamiento y el No. de repetición. La superficie de esos vasos monitores se cubrieron con un pieza de tela fina del tipo "espuma" de 12 x 12 cms (144 cms^2), misma que se sujetó al vaso con un liga de hule de diámetro apropiado.

En el interior de cada vaso monitor que contenía los insectos del Orden Díptera se colocaron en el fondo de los mismos, tres segmentos de cartulina de 10 cm de largo por 2 cm de ancho (20 cm²) doblados en 4 partes iguales, con la finalidad de que los insectos adultos se apoyaran o encontraran una forma apropiada de permanecer en éstos. En el caso de los insectos adultos del Orden Coleóptera, en vez de las cartulinas, se colocó aproximadamente 5 gr de harina de maiz y sorgo más 15 gr de maiz entero y picado por insectos plagas de granos almacenados. Los granos picados utilizados en los tratamientos se guardaron durante 30 días y se contabilizaron los insectos que sobrevivieron a los insecticidas aplicados en la nebulización.

4.2. CLASIFICACIÓN DE LOS INSECTOS MONITORES:

Los insectos adultos utilizados como monitores presentan la siguiente clasificación: Orden Coleóptera, familias: 1) Tenebrionidae de las especies: *Tribolium confusum* y *castaneum* 2) Bostrichidae de la especie: *Rhizoperta dominica* 3) Curculionidae de las especies *Sitophilus granarius* y *zeamais*. Orden Díptera, familias: 1) Tephritidae de la especie *Ceratitis capitata* y 2) Calliphoridae de la especie *Cochliomyia hominivorax*.

CUADRO 4. Clasificación y cantidad de insectos adultos utilizados como monitores en la evaluación de insecticidas termonebulizados y tiempos de aplicación en el puesto cuarentenario del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

MONITOR	ORDEN	/	FAMILIA	CANTIDAD
1	Díptera	-	Tephritidae	15
2	Díptera	-	Calliphoridae	15
3	Coleóptera	-	Tenebrionidae	16
	Coleóptera	-	Bostrichidae	05
	Coleóptera	-	Curculionidae	05

4.3. TRATAMIENTO DE LOS VEHÍCULOS:

Los vasos monitores se colocaron en diversos puntos del vehículo y se nebulizó con el insecticida durante el tiempo correspondiente. El tiempo de exposición del producto químico en los vehículos termonebulizados fué de 1.0 minuto para todos los tratamientos evaluados, tiempo fijo (standard) en el que los vehículos permanecieron con las puertas y ventanillas cerradas.

Luego del minuto de exposición se extrajeron los vasos monitores y el termómetro colocado previo a la termonebulización, iniciándose el proceso de ventilación, actividad que tarda de 2 a 3 minutos. La ventilación consiste en abrir las puertas y bajar los vidrios de las ventanillas de los vehículos tratados, con la intención de que el insecticida nebulizado escape o volatilice. Este proceso de ventilación permite que él ó los ocupantes de los vehículos tratados puedan volver a ocuparlos sin ningún peligro de contacto con el químico utilizado.

4.4. MANEJO DE LOS VASOS MONITORES:

Los vasos monitores utilizados en los tratamientos se les colocó posterior a la extracción de los vehículos en una estantería de madera en la que se tuvo un ventilador eléctrico para regular la temperatura, misma que se mantuvo en promedio de 32 °C. Junto con los vasos monitores se colocó una boleta, en la que se registraron los datos del insecticida nebulizado, tiempo de aplicación, fecha y hora de aplicación, temperatura antes y después de la nebulización, etc. (ver apéndice). Los vasos monitores se dejaron en la estantería de madera por un período de 6 a 8 horas, tiempo que se consideró prudencial para la determinación efectiva de los tratamientos. Ese lapso de tiempo considerado hizo que la cantidad de insectos muertos contabilizados en cada tratamiento fuera más preciso, lo que evitó que los insectos tratados con los químicos evaluados no reaccionaran luego del "derribe" (Knock down) al que fueron sometidos. Posteriormente se discutirá el comportamiento de los insectos a los insecticidas termonebulizados.

4.5. MORTALIDAD POR CAUSAS NATURALES:

Se consideró la mortalidad de insectos por causas naturales o provocada por otros factores diferentes a los químicos. En la estantería de madera mencionada, se colocaron vasos monitores comparadores, los que contenían los mismos insectos, la misma cantidad y en las mismas condiciones que los utilizados en los tratamientos, excepto que no estuvieron en contacto con los químicos evaluados. Estos se dejaron desde el inicio de las nebulizaciones (07:00 hrs) hasta el final de las mismas (20:00 hrs). Al momento de efectuar la lectura sobre la cantidad de insectos muertos, en los monitores tratados, también se contabilizaron en los monitores de comparación. No hubo necesidad de corregir los datos de mortalidad en los tratamientos por causas naturales, debido a que en los monitores de comparación no se encontró ningún insecto muerto. Por lo menos en ese período de prueba, ya que los insectos experimentales utilizados como comparadores fueron cambiados todos los días, al iniciar los tratamientos.

4.6. REPRODUCCIÓN DE LOS INSECTOS DE PRUEBA:

En 5 frascos de vidrio de 1 galón de capacidad se colocó material agropecuario de almacenamiento tal como Harina de trigo, maíz y sorgo, y grano sospechoso de estar contaminado por cualquiera de las plagas de granos almacenados. En esos frascos también se le introdujeron algunos estados inmaduros (larvas y pupas) colectados en los silos de almacenamiento de granos básicos pertenecientes al Instituto Nacional De Comercialización Agrícola (INDECA) y en bodegas del Comité Nacional de Reconstrucción (CRN), quienes proporcionaron el material necesario para efectuar la reproducción (pié de cría) de los insectos que atacan granos almacenados, como los escarabajos de las harinas de las familias Tenebrionidae y Bostrichidae, y los gorgojos de los granos almacenados de la familia Curculionidae. Los frascos mencionados se

tuvieron en una estantería de madera, con 10 horas de luz por día y con un temperatura que osciló entre 28 y 32 °C durante 60 días. Tiempo en el que la cantidad de insectos en estado adulto fué suficiente para efectuar las pruebas.

En el caso de las moscas de las frutas tefritidas y moscas califóridas que atacan las heridas en el ganado (Díptera), éstas se obtuvieron en estado pupal de los programas regionales existentes en el área, como El Programa MOSCAMED y El Programa del Gusano Barrenador respectivamente. En ambos casos se colocaron un total de 15 pupas en cada vaso monitor. En aquellos casos en los que no emergieron la totalidad de adultos esperados, se les completó trasladándoles la cantidad faltante utilizando un succionador de insectos desde una jaula de polietileno (plexigláss) de 30x30x40 cm³, en la que se tenían adultos de reserva para usarlos en éstos casos.

5. REGISTRO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN:

El resultado de la mortalidad de los insectos en cada vehículo nebulizado, se registró en una boleta (ver apéndice), como se apuntó con anterioridad. En ésta se incluyó la cantidad de insectos que sobrevivieron y la cantidad de insectos que murieron, así como la mortalidad de los mismos expresada en porcentaje.

En ésta investigación se determinó que la mortalidad de los insectos en estado adulto estuvo en el rango comprendido entre 58 y 100 % entre los distintos tratamientos y repeticiones, por lo que hubo necesidad de transformar esos valores empleando la fórmula de ARCO SENO \sqrt{x} (24), previo a efectuar los ANDEVAS y la prueba múltiple de comparación de medias (TUKEY).

Cada uno de los valores de mortalidad expresados en porcentaje se dividió entre 100 y a la fracción obtenida (x) se le extrajo raíz cuadrada y se le transformó con el Arco Seno del valor resultante. Esto con la finalidad de hacer los datos más confiables al efectuar los análisis correspondientes.

Con respecto a los precios de los insecticidas evaluados, éstos se determinaron en Quetzales/litro, consultando cada Casa Comercial que los distribuye (cuadro 15). Con éstos valores se efectuó un Análisis Incremental de Costos, considerando como Costo Variable el costo del insecticida por vehículo termonebulizado (CV) y su efectividad en la cantidad de insectos que murieron (TME) (cuadros 16, 17 y 18).

6. MANEJO DE LA INFORMACIÓN:

A la cantidad de insectos que murieron en cada tratamiento y repetición, se les efectuó un Análisis de Varianza (ANDEVA), lo que permitió determinar la significancia entre los tratamientos (cuadro 8). Significancia estadística que determinó a su vez que entre todos los tratamientos evaluados hubo uno que causó mayor mortalidad de insectos en estado adulto, que otros.

A través de una Prueba Múltiple de Comparación de Medias (TUKEY), se verificó lo anterior, prueba en la que se determinó: 1) el tratamiento que ocasionó la mayor mortalidad de insectos en estado adulto, y 2) el tratamiento que ocasionó la menor mortalidad de insectos en estado adulto, de entre todos los evaluados (cuadro 9).

Se efectuó un Análisis de Regresión y de Correlación Simple (cuadro 10), para determinar la relación existente entre: 1) tiempos de aplicación y cantidad de insectos que murieron en cada tratamiento; y 2) temperatura interna registrada dentro del vehículo y cantidad de insectos que murieron en cada tratamiento y repetición (expresada en % de mortalidad).

También se efectuó un Análisis de Regresión y de Correlación Múltiple (cuadro 14), tomando como variables independientes el tiempo de termonebulización de los insecticidas y la temperatura registrada dentro de los vehículos nebulizados, y como variable dependiente la cantidad de insectos muertos por tratamiento y repetición.

En el análisis estadístico de los datos se utilizó el paquete de programas SAS (System Analysis Statistical) del que se emplearon los Procedimientos: ANOVA (ANDEVA), MEANS (Medias), GLM para Regresiones (REG) y Correlaciones (CORR) correspondientes y se corroboraron con el uso del Programa en BASIC FACTOR4. En la elaboración de gráficas se utilizó el paquete HG (Harvard Graphics).

Para determinar el tipo de insecticida de más bajo costo que ocasionó la mayor eficiencia en la mortalidad de insectos se efectuó un Análisis Incremental de los Costos de los Insecticidas evaluados. Para ello se empleó una fórmula que involucró el Incremento entre la cantidad promedio de insectos que murieron con la aplicación del insecticida de uso actual (Diclorvós) y los insecticidas alternativos (Cipermetrina y Decametrina) y los incrementos de los costos que éstos adquieren por vehículo termonebulizado durante cada uno de los tiempos evaluados. La fórmula empleada fué la siguiente:

$$\% \text{ TME} = \frac{\text{Cantidad de insectos muertos}}{\text{Costo del insecticida}} * 100$$

de donde TME= Tasa Marginal de Eficiencia

VII. RESULTADOS Y DISCUSION:

1. EFFECTO DE LA NEBULIZACION:

Anteriormente se indicó que las gotas del producto nebulizado, debido a la rapidez del proceso, permanecen suspendidas en el ambiente por espacio de 4 a 5 milésimas de segundo (21), tiempo suficiente para que los insecticidas aplicados hagan contacto con los insectos monitores y les causen la muerte (18).

En cuanto a la niebla de la mezcla Diesel-insecticida, después de la nebulización de los vehículos, ésta se volatiliza en el proceso de ventilación y por el reducido tamaño de las partículas que se producen, se provoca poco o ningún efecto residual (1,18).

Con respecto al Diesel causante de la niebla, se sabe bien que utilizado en forma líquida posee acción química insecticida y herbicida (3,15,18); sin embargo, no hay estudios que indiquen que en forma termonebulizada tenga el mismo efecto, y que por lo tanto, cause alteraciones en el medio ambiente. El único efecto que podría darse, sería el provocado en el aire, ya que las partículas pequeñas son fácilmente arrastradas por el viento (3). Desde el punto de vista de la salud humana, éste aire contaminado; si no se toman las precauciones necesarias, podría afectar al operador y a las personas que entren en contacto con él durante el tratamiento. Ahora bien, el Diesel al ser utilizado como aceite mineral es inofensivo para animales superiores y puede ser usado sin limitaciones en lo que a su toxicidad se refiere (3).

2. COMPORTAMIENTO DE LOS INSECTOS A LOS INSECTICIDAS TERMONEBULIZADOS:

El comportamiento de los insectos de prueba al contacto con los insecticidas termonebulizados fué bastante similar.

Con el uso de DICLORVOS las Moscas Califóridas murieron en un lapso de 5 a 10 minutos, éstos insectos voladores se volteaban al contacto con el químico, agitaban sus alas y sus patas y morían.

Ciertos *Tribolium* fallecían con sus alas membranosas fuera de los élitros y algunos *Sitophilus* intentaban salirse del vaso de ensayo, caían al fondo del mismo y morían. Algunos insectos fingían estar muertos, dejaban de moverse por espacio de cinco minutos y luego se recuperaban, probablemente debido a la inhibición momentánea de la enzima colinesterasa ó efecto de derribe al que fueron sometidos (6).

En los granos de maíz que se guardaron durante 30 días, se determinó que no hubo aumento en la cantidad de insectos en estado adulto, empero, se determinó, que de 15 a 25% de los insectos en estado adulto, sobreviven dentro de los granos picados, siendo mayoritariamente del género *Tribolium*. Con respecto al género *Rhizoperta*, se detectó que casi la totalidad de éstos fallecían dentro de los granos picados.

Los insectos tratados con DICLORVOS murieron en un lapso de 20 a 30 minutos mientras que los insectos tratados con PIRETROIDES murieron más lentamente.

Con la aplicación de los PIRETROIDES, las Moscas Califóridas que se adhirieron a la tela que cubría el vaso monitor, se aturdían momentáneamente, subían y bajaban del vaso que las contenía, aleteaban y movían fuertemente sus patas en un lapso de 5 a 10 minutos, algunas permanecían vivas en el fondo del vaso con sus patas hacia arriba, moviéndolas muy lentamente y finalmente morían en un período de 10 a 20 minutos.

En el caso de los insectos del complejo de plagas de granos almacenados tratados con PIRETROIDES, se observó que éstos insectos luego del contacto con el insecticida se reunían en los granos colocados en los vasos y empezaban a morderlos durante 1 a 5 segundos, luego corrían por todo el contorno en el fondo del vaso durante 15 a 20 minutos, luego caían con las patas hacia arriba y se quedaban moviéndolas; algunos de ellos sacaban sus alas membranosas e intentaban volar sin lograrlo; muchos de éstos insectos corrían describiendo círculos, y "eses" y algunos de éstos

corrían hacia atrás arqueando su cuerpo, para finalmente quedar con las patas para arriba, las que movían lentamente. En los insectos que se volteaban, se notó que al colocarlos en posición normal, éstos se volvían a voltear y difícilmente podían recuperarse. Estos últimos insectos con aparente mortalidad se guardaron por espacio de 30 horas y se determinó que al término de ese tiempo un número bastante considerable aún seguían moviendo sus patas, pero conservando la posición inicial. Seguramente por el desarreglo de sus tejidos nerviosos (6), lo que les provocó una muerte más tardía. De éstos insectos, los que soportaron más fueron los del género *Tribolium*, ya que los *Sitophilus* y los *Rhizoperta* tratados murieron en su totalidad al transcurrir 8 horas.

Los PIRETROIDES hicieron que los insectos tratados perdieran la capacidad de movilizarse normalmente. Sin embargo la sobrevivencia de los mismos dentro de los granos picados fué del 13% con CIPERMETRINA, y de 20% en el caso de la DECAMETRINA. Se detectó que el género *Rhizoperta* sobrevivió más dentro de los granos picados con la aplicación de PIRETROIDES que con la aplicación de DICLORVOS.

El efecto del derribe o (*Knock down*) se manifestó más con la aplicación de los PIRETROIDES (6), ya que muchos de éstos insectos aparentemente muertos a los cinco minutos se recuperaron en un lapso que varió de 30 a 90 minutos.

3. MORTALIDAD ALCANZADA POR LA TERMONEBULIZACION DE INSECTICIDAS:

3.1. PRUEBAS PRELIMINARES EFECTUADAS:

Se efectuaron pruebas preliminares con la finalidad de determinar que tan efectivos son los tiempos de aplicación que actualmente se utilizan en el SIF. En esos tiempos de 10 y 20 segundos de aplicación y 30 segundos de exposición, se determinó que hubo una sobrevivencia de hasta el 48% ó más de los insectos tratados. Los resultados de las pruebas preliminares se presentan en los cuadros 5 y 6.

En dichas pruebas se determinó que las Moscas del Mediterráneo mueren en su totalidad (100% de mortalidad) dentro de ese rango de aplicación, con cualquiera de los insecticidas evaluados (cuadro 5), probablemente a consecuencia de la acción insecticida del Diesel (18) ó bien por la temperatura generada por éste, que por la acción misma de los insecticidas termonebulizados. Además, un promedio de más del 40% de las Moscas Califóridas y más del 80% del complejo de plagas de granos almacenados, sobrevivieron a la aplicación de los insecticidas mencionados y a la temperatura alcanzada dentro de los vehículos, misma que se mantuvo \pm constante (obsérvese el cuadro 6).

CUADRO 5. Promedios de mortalidad de insectos en estado adulto (%) por tipo de insecto y por tipo de insecticida termonebulizado, durante 10 y 20 segundos de aplicación y con 30 segundos de exposición. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

Tipo de insectos	Mortalidad (%) por tipo de insecticida			
	Diclorvós	Cipermetrina	Decametrina	Media
Moscas Teprítidas	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Moscas Califóridas	47.83%	65.22%	60.87%	57.97%
Pl. de granos almac.	7.69%	23.08%	19.23%	16.67%

CUADRO 6. Promedios de mortalidad de insectos en estado adulto (%) por tipo de insecticida y temperatura media registrada dentro de los vehículos termonebulizados con Diclorvós, Cipermetrina y Decametrina durante 10 y 20 segundos de aplicación, y con 30 segundos de exposición. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

Tipo de Insecticida	Mortalidad media (%)	Temperatura media (°C)
Diclorvós	43.75 %	41.0 °C
Cipermetrina	56.25 %	43.5 °C
Decametrina	53.13 %	40.0 °C

En éste cuadro, puede observarse que bajo las condiciones actuales de la termonebulización de los vehículos del tipo turismo, ninguno de los insecticidas evaluados causó el 100% de mortalidad de los insectos tratados. Con la aplicación de Diclorvós se dió una sobrevivencia de 56.25% de los insectos tratados, mientras que con el uso de los insecticidas Piretroides se logró un promedio de sobrevivencia de más del 45%.

3.2. MORTALIDAD ALCANZADA EN LA INVESTIGACION:

En el cuadro 7, se presentan los valores de mortalidad, así como los valores de temperaturas medias que se alcanzaron en cada tratamiento, y la descripción de los tratamientos utilizados en la termonebulización de los insecticidas en los vehículos.

CUADRO 7. Promedios de mortalidad de insectos en estado adulto (%) y temperatura (°C) registrada en momento de la termonebulización de Diclorvós, Cipermetrina y Decametrina durante 0.5, 1.0 y 1.5 minutos de aplicación. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

Trat. No.	Tipo de insecticida	Tiempo de aplicación	Mortalidad media	Temperatura media
1	Diclorvós	0.5 minutos	65.62 %	47.86 °C
2	Diclorvós	1.0 minutos	81.67 %	48.14 °C
3	Diclorvós	1.5 minutos	99.14 %	47.29 °C
4	Cipermetrina	0.5 minutos	91.54 %	42.00 °C
5	Cipermetrina	1.0 minutos	99.85 %	45.57 °C
6	Cipermetrina	1.5 minutos	100.00 %	42.29 °C
7	Decametrina	0.5 minutos	79.74 %	43.86 °C
8	Decametrina	1.0 minutos	95.34 %	46.71 °C
9	Decametrina	1.5 minutos	100.00 %	47.14 °C

En éste cuadro puede observarse que la menor mortalidad alcanzada correspondió a la termonebulización de DICLORVOS durante 0.5 minutos (65.62%), mientras que la termonebulización de CIPERMETRINA (91.54%) y DECAMETRINA (79.74%), durante ese mismo tiempo, fueron superiores. Puede notarse inclusive que con la termonebulización de CIPERMETRINA durante 0.5 minutos, se alcanzó mayor mortalidad que DICLORVOS termonebulizado durante 1.0 minuto (81.67%), y menor en 3.8% de mortalidad de insectos entre ésta y la termonebulización de DECAMETRINA durante 1.0 minuto.

La mortalidad alcanzada con la termonebulización de CIPERMETRINA durante 1.0 minuto (99.85%) es muy análoga a la alcanzada con la termonebulización de ésta y la DECAMETRINA durante 1.5 minutos, tiempo en el que se alcanzó el 100% de mortalidad, y cuya diferencia de mortalidad fué de 0.15%; y superior en mortalidad en 4.51% que la alcanzada con la termonebulización de DECAMETRINA durante este mismo tiempo.

En la figura 3, puede observarse el comportamiento de cada uno de los insecticidas termonebulizados y la mortalidad alcanzada con la aplicación de éstos durante 0.5, 1.0 y 1.5 minutos.

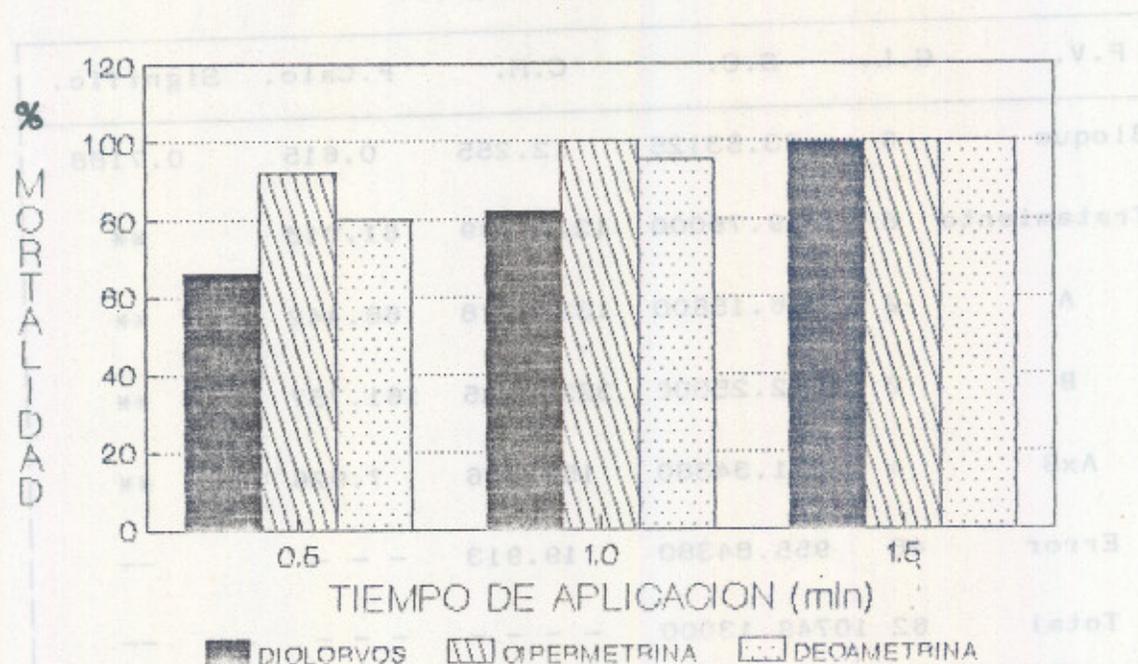


FIGURA 3. Efecto de la aplicación de tres insecticidas termonebulizados y tres tiempos de aplicación sobre la mortalidad de insectos en estado adulto. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

En el cuadro 8 se presenta el Análisis de Varianza (ANDEVA) efectuado a la cantidad de insectos muertos en cada uno de los tratamientos. Se señala la significancia que presenta cada insecticida termonebulizado y el tiempo empleado para ello, así como la interacción entre tipo de insecticida y tiempo de aplicación.

En dicho ANDEVA se determinó que existió alta significancia (con $\alpha=0.01$) entre tipos de insecticidas y tiempos de aplicación, así como en la interacción de ambos.

CUADRO 8. Análisis de Varianza para la cantidad de insectos muertos en cada tratamiento, empleando la transformación de ARCO SENO \sqrt{x} . Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Calc.	Signific.
Bloque	6	73.53125	12.255	0.615	0.7188
Tratamiento	8	9719.75000	1214.969	61.013	**
A	2	2646.15600	1323.078	66.442	**
B	2	6442.25000	3221.125	161.757	**
AxB	4	631.34380	157.836	7.926	**
Error	48	955.84380	19.913	---	---
Total	62	10749.13000	---	---	---

Factor A = Tipo de Insecticidas
 Factor B = Tiempo de aplicación C.V. = 5.8620 %

Debido a la alta significancia entre los tratamientos, se efectuó una prueba múltiple de comparación de medias, con la finalidad de determinar el comportamiento de los tratamientos con respecto a la mortalidad de insectos en cada uno de ellos. La prueba utilizada fué TUKEY con 95% de confianza. Los resultados de ésta se presentan en el cuadro 9.

CUADRO 9. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para la cantidad de insectos muertos en cada tratamiento, empleando los valores transformados mediante el ARCO SENO \sqrt{x} .
Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

Tipo de insecticida	Tiempo de aplicación	Promedio de mortalidad	
Decametrina	1.5 mins.	100.00 %	A
Cipermetrina	1.5 mins.	100.00 %	A
Cipermetrina	1.0 mins.	99.85 %	A
Diclorvós	1.5 mins.	99.14 %	A
Decametrina	1.0 mins.	95.34 %	B
Cipermetrina	0.5 mins.	91.54 %	B
Diclorvós	1.0 mins.	81.67 %	C
Decametrina	0.5 mins.	79.74 %	C
Diclorvós	0.5 mins.	65.62 %	D

En éste cuadro, se observa que la mayor mortalidad de los insectos en estado adulto se logró con la termonebulización de Decametrina, Cipermetrina y Diclorvós durante 1.5 minutos y la termonebulización de Cipermetrina durante 1.0 minuto.

La mortalidad que ocasionó la termonebulización de Decametrina durante 1.0 minuto, también se logró, estadísticamente, con la termonebulización de Cipermetrina durante 0.5 minutos.

La menor mortalidad de insectos en estado adulto se consiguió con la termonebulización de Diclorvós durante 0.5 y 1.0 minutos, y Decametrina durante 0.5 minutos.

3.3. RELACION ENTRE TIEMPO DE APLICACION DE LOS INSECTICIDAS Y LA MORTALIDAD DE LOS INSECTOS EN ESTADO ADULTO:

En el cuadro 10 se presentan los coeficientes de determinación (r^2) y de correlación (r) determinados a través de un Análisis de Regresión y de Correlación Simple, y en el cuadro 14 los coeficientes de determinación (R^2) y de correlación (R) determinados a través de un Análisis de Regresión y de Correlación Múltiple. Para ambos análisis se consideraron como variables independientes: 1) El tiempo de aplicación, y 2) la Temperatura interna registrada dentro del vehículo termonebulizado, y como variable dependiente: La mortalidad de los insectos en cada tratamiento y repetición.

CUADRO 10. Coeficientes de Determinación (r^2) y de Correlación (r) Lineal Simple considerando la mortalidad de los insectos como variable dependiente. Puesto del SIF en Tecún, San Marcos. 1,993.

Tipo de variable independiente	Coeficientes Calculados		Significancia $r_{t,b}=0.3227$
	r^2	r	
Tiempo de aplicación	0.598500	0.77361	**
Temperatura registrada	0.013932	-0.11803	NS

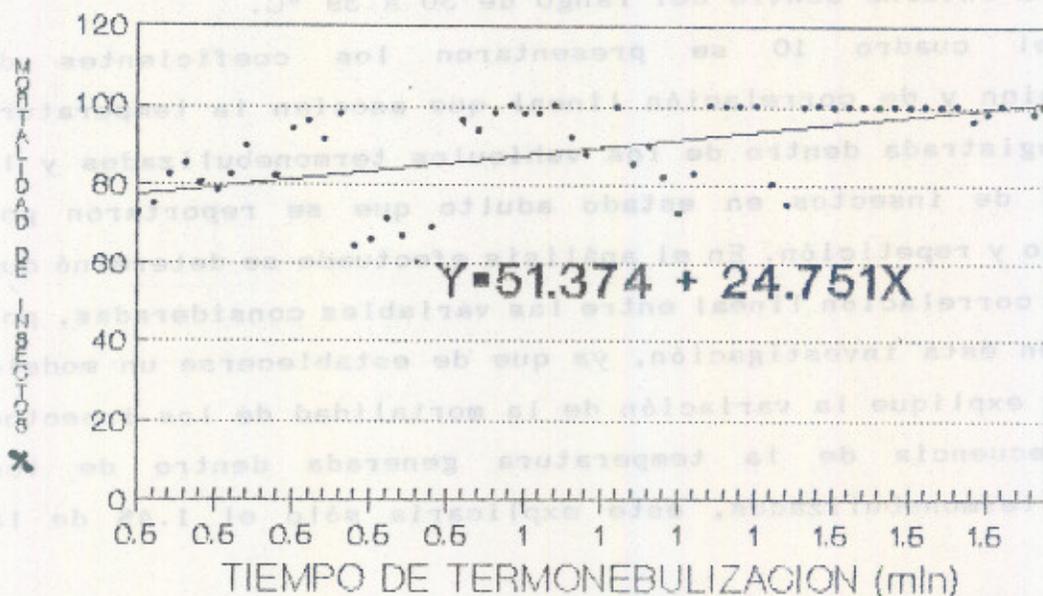
En éste cuadro, puede observarse que existió una correlación positiva directa del 77.36% ó bien, que la relación de asociación lineal entre tiempo de termonebulización de los insecticidas evaluados y la mortalidad de insectos en estado adulto en cada uno de los tratamientos corresponde a ese valor, con un 99% de confianza.

Con el Análisis de Regresión Lineal se elaboró el siguiente modelo de predicción que involucra las variables señaladas:

$$\text{MORTALIDAD} = 51.373632 + 24.751435 * (\text{Tiempo}),$$

el que explica el 59.85% de la variación en la mortalidad de los insectos como consecuencia de la variación en el tiempo de termonebulización de los insecticidas evaluados.

En la figura 4, puede observarse el comportamiento de la variación de mortalidad de insectos y su relación lineal con los tiempos de termonebulización de los insecticidas evaluados. Puede observarse que hubo un incremento de mortalidad de insectos como consecuencia del incremento del tiempo de termonebulización.



Y= Mortalidad de insectos

X= Tiempo de termonebulización

FIGURA 4. Comportamiento de la variación de la mortalidad de insectos en estado adulto como consecuencia del uso de 3 insecticidas aplicados en forma termonebulizada durante 0.5, 1.0 y 1.5 minutos. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

En la figura 5A, se puede observar la asociación lineal que presentó la mortalidad alcanzada con la termonebulización de cada uno de los insecticidas evaluados, y sus correspondientes modelos estadísticos de predicción.

3.4. RELACION ENTRE TEMPERATURA INTERNA REGISTRADA DENTRO DE LOS VEHICULOS Y LA MORTALIDAD DE LOS INSECTOS EN ESTADO ADULTO:

La temperatura interna de los vehículos termonebulizados con insecticidas en cada tratamiento y repetición, estuvo en el rango comprendido entre 40 y 60 grados centígrados, mientras que la temperatura externa dentro del rango de 30 a 39 °C.

En el cuadro 10 se presentaron los coeficientes de determinación y de correlación lineal que asocian la temperatura interna registrada dentro de los vehículos termonebulizados y la mortalidad de insectos en estado adulto que se reportaron por tratamiento y repetición. En el análisis efectuado se determinó que no existió correlación lineal entre las variables consideradas, por lo menos en ésta investigación, ya que de establecerse un modelo lineal que explique la variación de la mortalidad de los insectos como consecuencia de la temperatura generada dentro de los vehículos termonebulizados, éste explicaría sólo el 1.4% de la misma.

En la figura 6, puede observarse que la variación en la mortalidad de insectos no presentó un comportamiento lineal con respecto a la temperatura interna generada dentro de los vehículos termonebulizados. En dicha figura puede observarse que mortalidades altas se alcanzaron tanto con temperaturas altas como con temperaturas bajas, y viceversa.

En los cuadros 11A, 12A Y 13A, se presentan los resultados del análisis de regresión y de correlación simple en el que se consideraron por separado los tipos de insecticidas y sus correspondientes mortalidades alcanzadas. A través del mencionado análisis, se corroboró que el tiempo de termonebulización influyó notablemente en la mortalidad de los insectos tratados, mientras que la temperatura registrada dentro de los vehículos tratados NO fué Significativa. También se presentan sus correspondientes modelos de predicción.

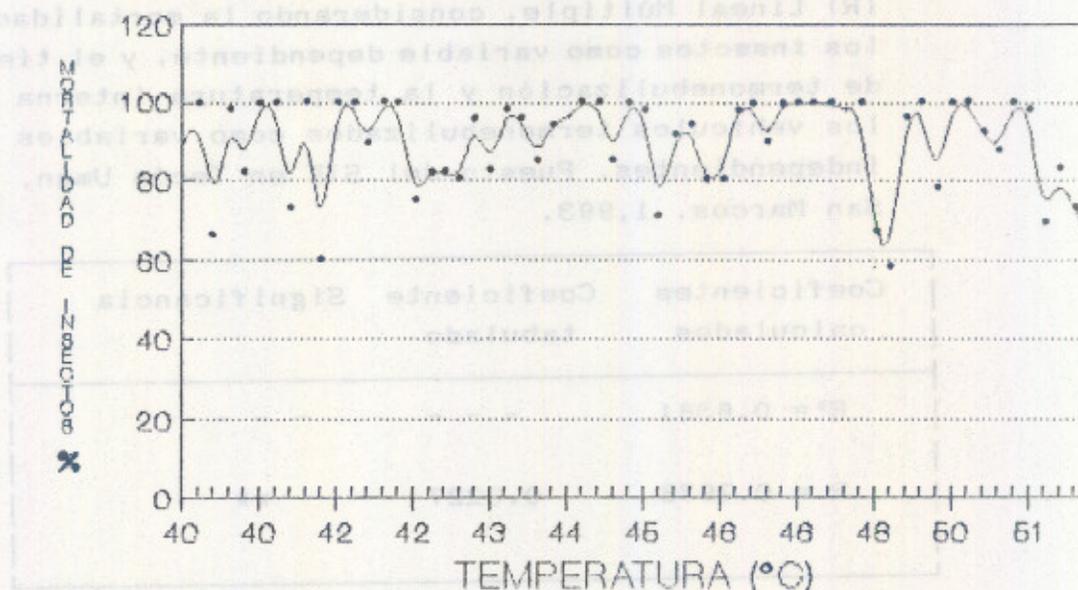


FIGURA 6. Comportamiento de la variación lineal de la mortalidad de insectos en estado adulto como consecuencia de la temperatura interna registrada dentro de los vehículos termonebulizados. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

En las figuras 7A, 8A Y 9A, se visualiza la No significancia (NS) entre temperatura interna generada dentro de los vehículos como producto de la termonebulización de los tres insecticidas evaluados: DICLORVOS, CIPERMETRINA y DECAMETRINA.

3.5. RELACION ENTRE TIEMPO DE APLICACION DE LOS INSECTICIDAS, TEMPERATURA INTERNA REGISTRADA DENTRO DE LOS VEHICULOS Y LA MORTALIDAD DE LOS INSECTOS EN ESTADO ADULTO:

En el cuadro 14, se presentan los coeficientes de determinación y de correlación múltiple obtenidos a través del análisis de Regresión y de Correlación respectivo, considerando como variables independientes: 1) El tiempo de aplicación de los insecticidas y 2) la temperatura interna registrada dentro de los vehículos termonebulizados, y como variable dependiente la mortalidad de los insectos en estado adulto por tratamiento y repetición.

CUADRO 14. Coeficientes de Determinación (R^2) y de Correlación (R) Lineal Múltiple, considerando la mortalidad de los insectos como variable dependiente, y el tiempo de termonebulización y la temperatura interna de los vehículos termonebulizados como variables independientes. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

Coeficientes calculados	Coeficiente tabulado	Significancia
$R^2 = 0.6361$	---	---
$R = 0.7976$	0.3227	**

En este cuadro puede observarse que existió una correlación positiva directa del 79.76%, por lo que la relación entre tiempo de termonebulización y temperatura interna generada dentro de los vehículos termonebulizados fué altamente significativa con respecto a la mortalidad de insectos, con un 99% de confianza.

Con el Análisis de Regresión Lineal Múltiple se elaboró el siguiente modelo de predicción que involucra las variables señaladas:

$$\text{MORTALIDAD} = 78.4102 + 25.3569 \times (\text{Tiempo}) - 0.6055 \times (\text{Temperatura}),$$

el que explica el 63.61% de la variación en la mortalidad de los insectos como consecuencia de la variación en el tiempo de termonebulización de los insecticidas evaluados y la temperatura interna generada dentro de los vehículos termonebulizados.

3.6. COSTO DE LOS INSECTICIDAS POR VEHICULO TERMONEBULIZADO:

En el cuadro 15, se presentan los precios por litro de los insecticidas termonebulizados y el costo de las dosis utilizadas en ésta investigación.

En dicho cuadro se observa que el menor precio, de acuerdo a las dosis utilizadas, le corresponde al Diclorvós y el mayor a la Decametrina.

CUADRO 15. Precios de los insecticidas termonebulizados (Q/lt), y costo de las dosis utilizadas (Q/dosis). Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

Tipo de insecticida	Precio (Q/lt)	Precio (Q/dosis)
Diclorvós	Q 55.95	Q 1.11
Cipermetrina	Q 78.64	Q 2.35
Decametrina	Q169.91	Q 4.62

En los cuadros 16, 17 Y 18 se presentan los costos que adquirieron los insecticidas por vehículo termonebulizado, sobre la base de 16 vehículos termonebulizados durante 0.5 minutos, 8 vehículos durante 1.0 minuto y 4 vehículos durante 1.5 minutos.

3.7. ANALISIS INCREMENTAL DE LOS COSTO DE LOS INSECTICIDAS POR VEHICULO TERMONEBULIZADO:

Para efectuar el Análisis Incremental de Costos Variables se consideró: 1) El promedio de la cantidad de insectos que murieron por tratamiento y repetición por cada uno de los tiempos de termonebulización (aproximado a la variable cuantitativa discreta más próxima), y 2) los costos de los insecticidas por vehículo termonebulizado (Costos Variables).

En dicho análisis se determinó que el tratamiento con Cipermetrina durante 0.5 minutos ocasionó la mayor Tasa Marginal de Eficiencia (TME) que los otros insecticidas, por lo que su efectividad fué mejor que la del insecticida de uso actual, el Diclorvós y la Decametrina, que resultaron dominados en los 3 tiempos evaluados (obsérvense los cuadros 16, 17 y 18)..

CUADRO 16. Costo de los insecticidas termonebulizados durante 0.5 minutos (Q/vehículo), Incremento de Costos (ΔCV), promedio de la cantidad de Insectos muertos por tratamiento y repetición, Incremento en el promedio de la cantidad de Insectos Muertos (ΔIM) y Tasa Marginal de Eficiencia (TME). Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

Tipo de Insecticida	Costo Variable	Incremento ΔCV	# Insectos Muertos	Incremento ΔIM	T M E (%)
Diclorvós	Q0.0694	- - - -	37	--	- - - -
Cipermetrina	Q0.1473	Q0.0779	51	14	17,971.76
Decametrina	Q0.2890	Q0.1417	45	- 6	- 4,234.30

En este cuadro puede observarse que el número de insectos muertos con Cipermetrina es superior al alcanzado con Diclorvós y Decametrina. Con la Cipermetrina se dió un incremento de 8 centavos de quetzal por vehículo termonebulizado con respecto al Diclorvós, lo que representó el 25% de incremento en el número de insectos muertos.

En cuanto al número de insectos muertos con el tratamiento a base de Decametrina, este resultó dominado, lo que reflejó un valor negativo de su Tasa Marginal de Eficiencia (TME), que en vez de justificar económicamente su utilización, justifica su rechazo por su alto costo.

De acuerdo a este estudio, se confirma que puede efectuarse el cambio del insecticida Diclorvós y la no utilización de la Decametrina por la Cipermetrina, cuyo efecto en la mortalidad de insectos, justifica el precio que se paga por su uso.

CUADRO 17. Costo de los insecticidas termonebulizados (CV) durante 1.0 minuto (Q/vehículo), Incremento de Costos (ΔCV), promedio de la cantidad de Insectos muertos por tratamiento y repetición, Incremento en el promedio de la cantidad de Insectos Muertos (ΔIM) y Tasa Marginal de Eficiencia (TME). Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

Tipo de Insecticida	Costo Variable	Incremento ΔCV	# Insectos Muertos	Incremento ΔIM	TME (%)
Diclorvós	Q0.1383	- - - -	46	--	- - - -
Cipermetrina	Q0.2938	Q0.1555	56	10	6,430.87
Decametrina	Q0.5779	Q0.2841	53	- 3	- 10.56

En este cuadro también se observa que la mayor Tasa Marginal de Eficiencia (TME) correspondió al tratamiento a base de Cipermetrina durante 1.0 minuto. Este tratamiento reportó un incremento en su costo de 16 centavos de quetzal por vehículo tratado, con respecto al Diclorvós, lo que representó un 17.86% de incremento en la cantidad de insectos muertos.

En cuanto al número de insectos muertos con el tratamiento a base de Decametrina, éste volvió a ser dominado por la Cipermetrina, lo que se manifestó en su TME que presentó un valor negativo.

CUADRO 18. Costo de los insecticidas termonebulizados (CV) durante 1.5 minutos (Q/vehículo), Incremento de Costos (Δ CV), promedio de la cantidad de Insectos muertos por tratamiento y repetición, Incremento en el promedio de la cantidad de Insectos Muertos (Δ IM) y Tasa Marginal de Eficiencia (TME). Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

Tipo de Insecticida	Costo Variable	Incremento Δ CV	# Insectos Muertos	Incremento Δ IM	T M E (%)
Diclorvós	Q0.2778	- - - -	55	-	- - -
Cipermetrina	Q0.5875	Q0.3097	56	1	322.89
Decametrina	Q1.1558	Q0.5683	56	0	0.00

En este cuadro también se puede observar que la mayor TME correspondió al tratamiento a base de Cipermetrina aplicada durante 1.5 minutos. El incremento en la cantidad de insectos muertos también fué superior con Cipermetrina con respecto al tratamiento a base de Diclorvós, mientras que la Decametrina mostró igual cantidad de insectos muertos, sin embargo, éste último tratamiento presentó el mayor costo por vehículo termonebulizado (Q1.15). El tratamiento a base de Cipermetrina volvió a justificarse.

VIII. CONCLUSIONES

1. El 100% de mortalidad de los insectos en estado adulto se alcanzó con la termonebulización de los insecticidas Decametrina y Cipermetrina durante 1.5 minutos, y estadísticamente alcanzable con la termonebulización de Cipermetrina durante 1.0 minuto (99.85%) y con Diclorvós durante 1.5 minutos (99.14%).
2. Los insecticidas que causaron la menor mortalidad fueron: Diclorvós durante 0.5 (65.62%) y 1.0 minuto (81.67%) y Decametrina durante 0.5 minutos de termonebulización (79.74%).
3. La termonebulización actual de los vehículos del tipo turismo, determinada a través de pruebas preliminares, permitió la sobrevivencia de más del 48% de los insectos en estado adulto utilizados.
4. La temperatura generada dentro de los vehículos termonebulizados estuvo en el rango comprendido entre 40 y 60 °C, misma que no influyó directamente en la variación de la mortalidad de los insectos tratados, por lo menos en ésta investigación.
5. El insecticida que ocasionó la mayor Tasa Marginal de Eficiencia en la mortalidad de insectos al menor costo fué la Cipermetrina aplicada durante 0.5 minutos, que reportó un incremento de 25% en la mortalidad de insectos a un costo de Q0.15 por vehículo termonebulizado, con respecto al insecticida de uso actual.

IX. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere sustituir al Diclorvós que se emplea en la termonebulización actual de los vehículos por la Cipermetrina, debido a lo siguiente: 1) por el alto porcentaje de mortalidad de insectos en estado adulto que ocasionó durante 0.5 (91.54%), 1.0 (99.85) y 1.5 (100%) minutos de aplicación; 2) por las altas Tasas Marginales de Eficiencia en la mortalidad de insectos que presentó con respecto a los otros tratamientos que fueron dominados en el análisis incremental efectuado; 3) por la baja toxicidad que éste insecticida posee, tanto para las personas que lo utilizan continuamente, como para las personas que abordan los vehículos tratados, y 4) por su escasa o ninguna contaminación del medio ambiente.
2. Considerando que en los tratamientos cuarentenarios se persigue el 100% de mortalidad de los insectos tratados, se sugiere continuar la investigación con Piretroides para encontrar: 1) una dosis que la ocasione (100% de mortalidad) en el menor tiempo posible y 2) que tenga un costo económicamente transferible al cliente sin alterar demasiado la tasa que se paga por el tratamiento.
3. Efectuar investigaciones empleando aceites sustitutivos del Diesel en los cuales puede incluirse: 1) la capacidad insecticida que posean; 2) impacto en el ambiente; 3) costo de utilización, y 4) calidad de nebulización en espacios cerrados (densidad, tiempo de permanencia, olor, otros).

X. BIBLIOGRAFIA

1. ALAS LOPEZ, A. 1990. Manual de tratamientos cuarentenarios. San Salvador, El Salvador, DIRSA. 79 p.
2. BANCO INTERAMERICANO DEL DESARROLLO. 1988. El progreso económico y social en América Latina. s.l., s.p.
3. BARBERA, C. 1974. Pesticidas agrícolas. 2a. ed. Barcelona, España, OMEGA. 569 p.
4. BERG, G.H. 1989. La cuarentena vegetal, teoría y práctica. San Salvador, El Salvador, DIRSA. 440 p.
5. BOND, E.J. 1986. Manual de fumigación contra insectos. Roma, Italia. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal. no. 54. 413 p.
6. CREMLYN, R.J. 1986. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. México, LIMUSA. 356 p.
7. ESTADOS UNIDOS. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1991. Manejo y control de plagas de insectos. México, LIMUSA. V. 3, 522 p.
8. FAO (Chile). 1985. Insectos que dañan granos y productos almacenados. Santiago de Chile, Chile, FAO. Serie Tecnológica Postcosecha no. 4. 142 p.
9. FARM CHEMICALS handbook '88. Pesticide Dictionary. 1988. 74a. ed. EE UU., Meister Publishing Co. p. C1-C258.
10. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. 1976. Diccionario geográfico de Guatemala. Compilación crítica Francis Gall. 2a. ed. Guatemala. Tomo 1. p. 176-179.
11. _____. INSTITUTO NACIONAL FORESTAL DE GUATEMALA. 1983. Mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento, basado en la labor de J.R. de la Cruz. Guatemala, Instituto Geográfico Militar. Esc. 1:600,000.

12. HENTZE PENADOS, F.W. s.f. Fundamentos técnicos y económicos del Servicio Internacional de Fumigación. s.l., OIRSA. 11 p.
13. _____. s.f. Análisis de sistemas cuarentenarios. s.l., OIRSA. 99 p.
14. _____. 1992. Control de calidad de los tratamientos cuarentenarios del Servicio Internacional de Fumigación. San Salvador, El Salvador, OIRSA. 10 p.
15. KLINGMAN, G.C. 1961. Weed control: a science. Estados Unidos, WILEY. p. 212-215.
16. LAGUNES TEJEDA, A. 1988. Manejo de insecticidas piretroides. 3a. ed. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, Centro de Entomología y Acarología. 29 p.
17. _____.; RODRIGUEZ MACIEL, J.C. 1991. Grupos toxicológicos de insecticidas y acaricidas, los mecanismos de resistencia para el manejo de insecticidas y acaricidas agrícolas. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, Centro de Entomología y Acarología. 228 p.
18. METCALF, C.L.; FLINT, W.P. 1988. Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control. 4a. ed. México, CECSA. 1208 p.
19. METCALF, R.L.; LUCKMAN, W.H. 1990. Introducción al manejo de plagas de insectos. México, LIMUSA. 710 p.
20. MEXICO. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. 1978. Guía ilustrada para la identificación de moscas de las frutas (Diptera-Trypetidae) que afectan la fruta en México y de especies exóticas de importancia cuarentenaria. México. 40 p.
21. MOTAN SWINGTEC GMBH (Alemania). s.f. Swingfog® SN 50, manual de instrucciones y lista de repuestos. Alemania. 53 p.

22. ORGANISMO INTERNACIONAL REGIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA.
1991. Consideraciones biológicas. San Salvador, El Salvador. s.p.
23. _____. 1992. Diagnóstico y proyecciones de los servicios cuarentenarios de la región. San Salvador, El Salvador, OIRSA. s.p.
24. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. FACULTAD DE AGRONOMIA.
CENTRO DE ESTADISTICA Y CALCULO. 1982. Boletín Biométrico. Gua. 1(1):9-18.
25. VELASQUEZ ORELLANA, E.F. 1992. Riesgo de introducción de plagas en la aduana central de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 99 p.

Vo. Co.
P. Aguilar



XI. APENDICE

BOLETA UTILIZADA EN LA EVALUACION DE INSECTICIDAS TERMONEBULIZADOS COMO TRATAMIENTO CUARENTENARIO EN TECUN UMAN, SAN MARCOS

1. Registro de información: Tratamiento () Rep. ()

Fecha: _____ Hora: _____

1.0 minutos de exposición:

A) Insecticida termonebulizado: _____

B) Tiempo de aplicación (minutos): _____

C) Temperatura interna y externa del vehículo
termonebulizado (°C): _____ / _____

2. Resultados de las pruebas:

Lectura después de transcurridas de 2 a 4 horas:

Tipo de Insectos	Cantidad de insectos		Mortalidad (%)
	Muertos	Vivos	
Tenebriónidos			
Curculiónidos			
Bostríquidos			
Callifóridos			
Tefritidos			
Totales			

3. OBSERVACIONES: _____

CUADRO 11A. Coeficientes de Determinación (r^2) y de Correlación (r) Lineal Simple considerando la mortalidad alcanzada con la termonebulización de DICLORVOS como una variable dependiente, se incluye además su modelo estadístico de predicción. Puesto del SIF en Tecún, San Marcos. 1,993.

Variable \ independiente	Insecticida DICLORVOS	Coef. Calculados r^2	Significancia r	$r_{t,b}=0.3227$
Tiempo de aplicación		0.8870	0.941807	**
Temperatura registrada		0.0034	-0.005831	NS
Modelo :	MORTALIDAD = 37.2267 + 30.5902*(Tiempo)			

CUADRO 12A. Coeficientes de Determinación (r^2) y de Correlación (r) Lineal Simple considerando la mortalidad alcanzada con la termonebulización de CIPERMETRINA como una variable dependiente, se incluye además su modelo estadístico de predicción. Puesto del SIF en Tecún, San Marcos. 1,993.

Variable \ independiente	Insecticida CIPERMETRINA	Coef. Calculados r^2	Significancia r	$r_{t,b}=0.3227$
Tiempo de aplicación		0.6498	0.806102	**
Temperatura registrada		0.0321	0.179165	NS
Modelo :	MORTALIDAD = 66.7173 + 16.9135*(Tiempo)			

CUADRO 13A. Coeficientes de Determinación (r^2) y de Correlación (r) Lineal Simple considerando la mortalidad alcanzada con la termonebulización de DECAMETRINA como una variable dependiente, se incluye además su modelo estadístico de predicción. Puesto del SIF en Tecún, San Marcos. 1,993.

Variable \ Insecticida	DECAMETRINA	Coef. Calculados r^2	r	Significancia $r_{t, n-2} = 0.3227$
Tiempo de aplicación		0.8730	0.934345	**
Temperatura registrada		0.1310	0.361939	*
Modelo :	MORTALIDAD = 50.1770 + 26.7506*(Tiempo)			

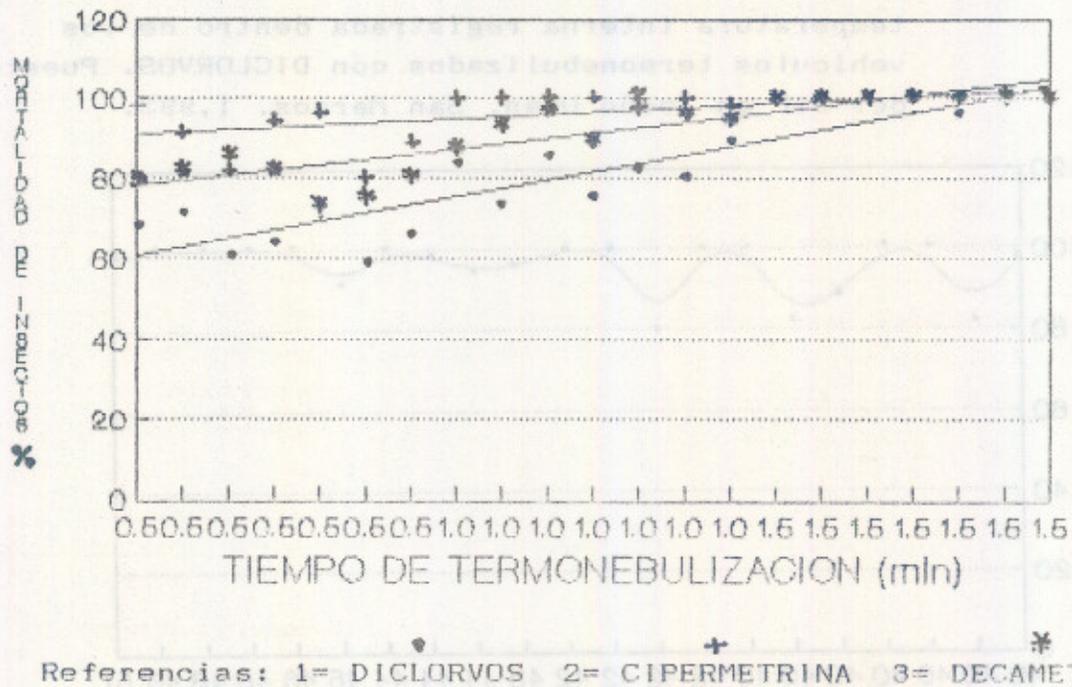


FIGURA 5A. Comportamiento de la variación de la mortalidad de insectos en estado adulto como consecuencia del uso de tres insecticidas aplicados en forma termonebulizada durante 0.5, 1.0 y 1.5 minutos. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

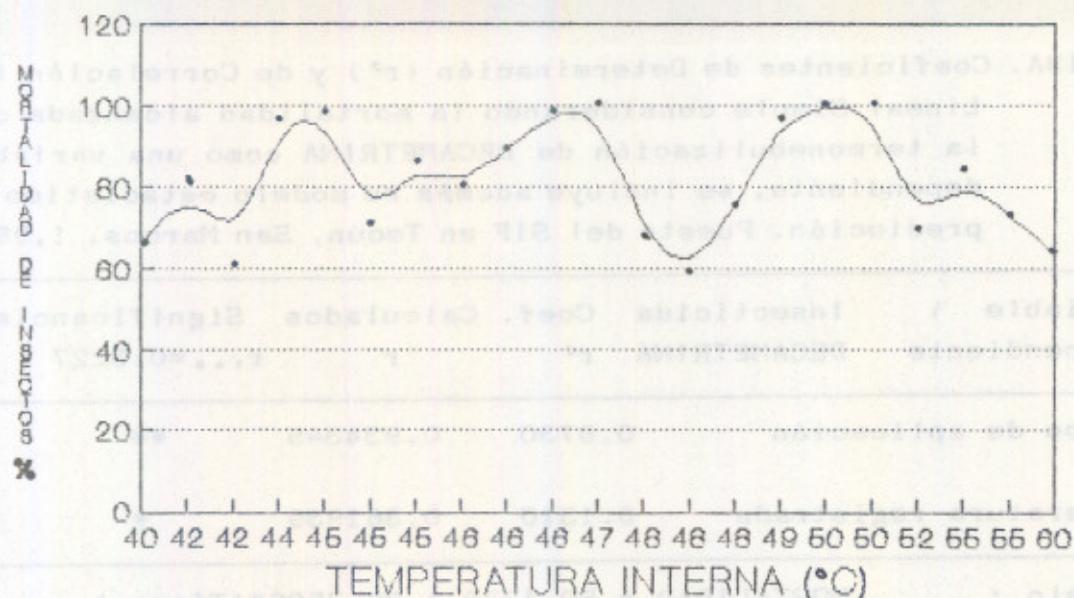


FIGURA 7A. Comportamiento de la variación de la mortalidad de insectos en estado adulto como consecuencia de la temperatura interna registrada dentro de los vehículos termonebulizados con DICLORVOS. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

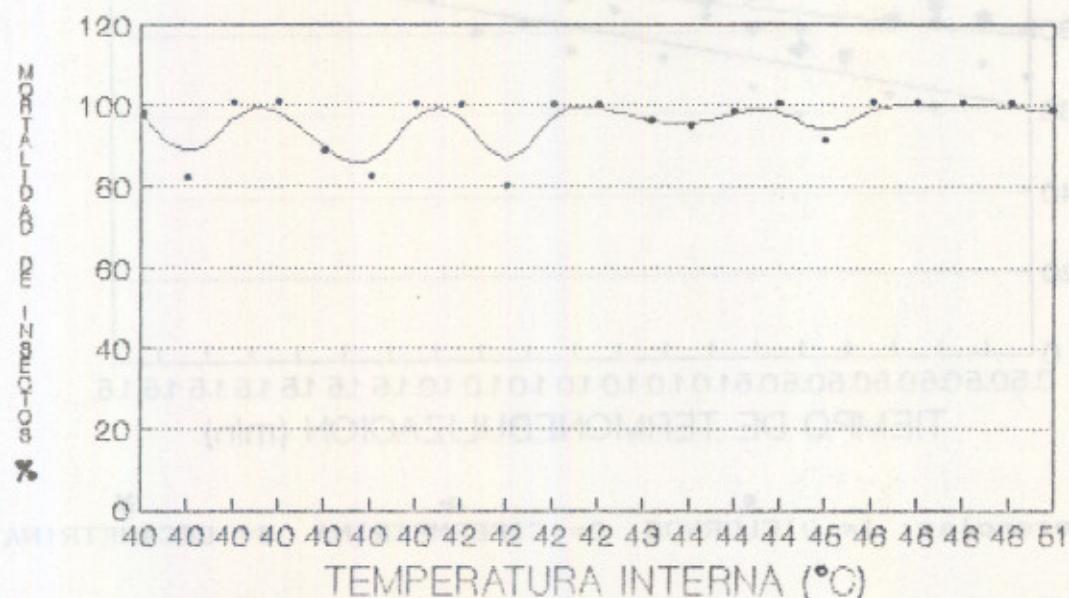


FIGURA 8A. Comportamiento de la variación de la mortalidad de insectos en estado adulto como consecuencia de la temperatura interna registrada dentro de los vehículos termonebulizados con CIPERMETRINA. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.

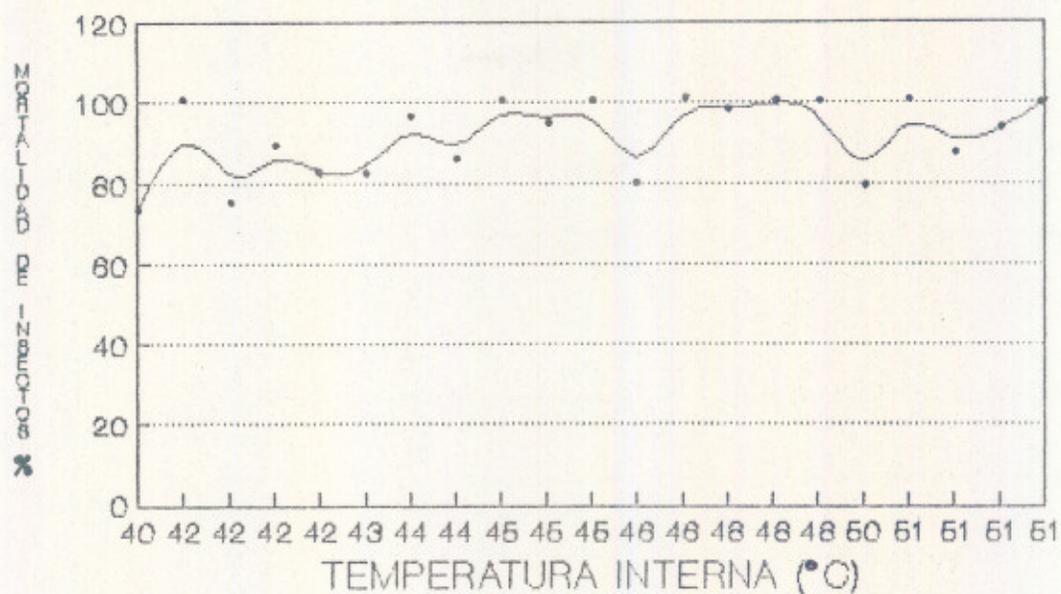


FIGURA 9A. Comportamiento de la variación de la mortalidad de insectos en estado adulto como consecuencia de la temperatura interna registrada dentro de los vehículos termonebulizados con DECAMETRINA. Puesto del SIF en Tecún Umán, San Marcos. 1,993.



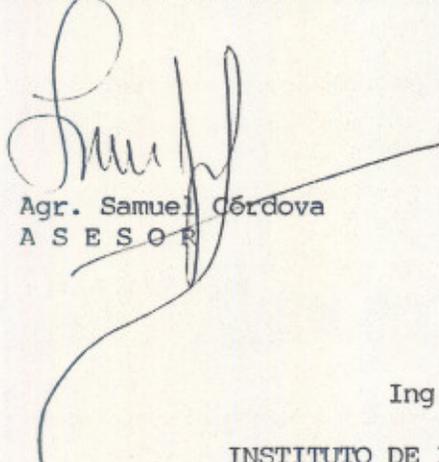
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE 3 INSECTICIDAS TERMONEBULIZADOS Y 3 TIEMPOS DE APLICACION COMO TRATAMIENTO CUARENTENARIO"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: FILADELFO GUEVARA CHAVEZ

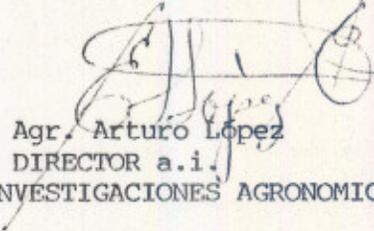
CARNET No: 84-15445

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Salvador Sánchez
 Ing. Agr. Víctor Hugo Méndez

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

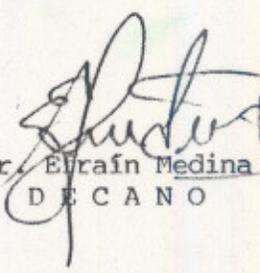

 Ing. Agr. Samuel Córdova
 ASESOR


 Ing. Agr. Mauricio Díaz
 ASESOR


 Ing. Agr. Arturo López
 DIRECTOR a.i.
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS



I M P R I M A S E


 Ing. Agr. Elraín Medina Guerra
 DECANO



c.c. Control Académico
 Archivo
 /prr.

debe ser devuelto
fecha marcada

Ref. Sem. 036-93

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS
FACULTAD DE AGRONOMIA



LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE 3 INSECTICIDAS TERMINABILIZADOS Y 3 TIEMPOS
DE APLICACION COMO TRATAMIENTO QUARANTENARIO"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: TIBARLO GUERRA CHAVES

CARNET No: 84-12442

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Salvador Sánchez
Ing. Agr. Víctor Hugo Méndez

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que su com-
plicitud con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. Mauricio Díaz
ASESOR

Ing. Agr. Eusebio Córdova
ASESOR



Ing. Agr. Arturo López
DIRECTOR A.I.
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

IMPRIMASE



Ing. Agr. Eusebio Medina
DECANO

c.c. Control Académico
Archivo
/pct.

APARTADO POSTAL 1248 • 0101 GUATEMALA, C.A.
TELÉFONO: 747384 • FAX (2022) 266722