

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA



"EVALUACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD RELATIVA DEL GUSANO
COGOLLERO *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH) A INSECTICIDAS
DE DIFERENTE GRUPO TOXICOLOGICO Y A EXTRACTOS
DE ORIGEN BOTANICO".

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO
(ORIENTACION FITOTECNISTA)

P R E S E N T A :

MARIO VAZQUEZ GOMEZ

LAS AGUJAS MPIO. DE ZAPOPAN, JAL. 1993



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

SECCION COM. DE TIT.

EXPEDIENTE _____

NUMERO 0997/93

8 de octubre de 1993

M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E

Habiendo sido revisada la Tesis del Pasante MARIO VAZQUEZ GOMEZ
titulada:

EVALUACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD RELATIVA DEL GUSANO CCGOLLERO
Spodoptera frugiperda (J.E. SMITH) A INSECTICIDAS DE
DIFERENTE GRUPO TOXICOLÓGICO Y A EXTRACTOS DE ORIGEN BOTANICO

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

DR. MARCELINO VAZQUEZ GARCIA

ASESOR

M.C. GIL VIRGEN CALLEROS

ASESOR

ING. EVENCIO FELIX FREGOSO

mem



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

SECCION COMITE TIT.
EXHIBENTE _____
NUMERO 0997/93

Octubre 08 de 1993

C. PROFESORES:

DR. MARCELINO VAZQUEZ GARCIA, DIRECTOR
M.C. GIL VIRGEN CALLEROS, ASESOR
ING. ELENO FELIX FREGOSO, ASESOR

Con toda atención, me permito hacer de su conocimiento, que habien-
do sido aprobado el Temc de Tesis:

"EVALUACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD RELATIVA DEL GUSANO COGOLLERO
Spodoptera frugiperda (J.E. SMITH) A INSECTICIDAS DE DIFERENTE
GRUPO TOXICOLOGICO Y A EXTRACTOS DE ORIGEN BOTANICO."

presentado por el PASANTE: VAZQUEZ GOMEZ MARIO

han sido ustedes designados Director y Asesores, respectivamente, para el de-
sarrollo de lo misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección
su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto, me es grato
reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

A T E N T A M E N T E
"PIENSA Y TRABAJA"
EL SECRETARIO

DR.  MARCELINO VAZQUEZ GARCIA

oom

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

María del refugio Gómez Jiménez
José Refugio Vázquez Martínez

A MIS HERMANOS

Graciela
Martín
Angelica
Herminia
Virginia
Moises

A mis compañeros y amigos: Adriana Livier, Bertha Alicia, Juana López, María Rosa, Jorge, Victor, María Fátima, Juana Palacios, María del Carmen y Alineilina, con todo cariño y respeto, esperando que nunca termine nuestra amistad.

A todos los maestros que participaron en mi formación como profesionista

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara, especialmente a la Facultad de Agronomía, al brindar la oportunidad de formarme como profesionista.

A la Dirección General de Investigación Científica y Superación Académica (DGICSA-SEP) por el financiamiento proporcionado para la elaboración del presente trabajo.

Al Dr. Marcelino Vázquez García, quien proporcionó los medios para los trabajos de laboratorio y por la valiosa aportación de sus conocimientos en la dirección de este proyecto.

Al M.C. Gil Virgen Calleros, quien fungió como asesor y por su valiosa colaboración en la culminación del presente proyecto.

Al Ing. Eleno Félix Fregoso, por ser un gran amigo como maestro y por participar como asesor del presente estudio.

A mis padres y hermanos, por su apoyo moral y económico en los momentos más difíciles de mi carrera.

A todo el plantel del "Laboratorio Bosque la Primavera" por las facilidades brindadas y el apoyo desinteresado en la culminación de este proyecto.

A todos mis amigos, compañeros y maestros que de alguna u otra forma participaron en mi formación como profesionista.

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
1. INTRODUCCION	1
2. HIPOTESIS	3
3. REVISION DE LITERATURA	4
3.1. Aspectos generales del gusano cogollero	
<i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith)	4
3.1.1. Distribución	4
3.1.2. Descripción morfológica	4
3.1.3. Biología	6
3.1.4. Daños y hábitos	7
3.2. Descripción de insecticidas de origen botánico para el	
control de insectos	8
3.2.1. Alcaloides	9
3.2.2. Aminoácidos	11
3.2.3. Isobutilamidas insaturadas	12
3.2.4. Piretrinas	13
3.2.5. Esteroides terpenos y triterpenos	14
3.2.5.1. <i>Azadirachta indica</i> como fuente de	
azadiractin y otros limonoides	17
3.2.5.2. <i>Melia azadirach</i>	21
3.2.7. Cumarinas	22
3.2.8. Ligninas	23
3.2.9. Rotenoides y otros flavonoides	23
3.2.10. Fenil propanoides	24
3.2.11. Acidos grasos	24

3.2.12. Isotiocianatos y otros compuestos sulfurados	25
3.2.13. Compuestos misceláneos	25
3.3. Mecanismos de defensa de las plantas contra los insectos	26
3.4. Fitoalexinas y su actividad potencial en el control de insectos	27
3.5. Susceptibilidad de cogollero a extractos vegetales	28
3.6. Susceptibilidad de cogollero a reguladores de crecimiento derivados de las Difenilureas	30
3.7. Control químico del gusano cogollero	32
4. MATERIALES Y METODOS	33
4.1. Ubicación y condiciones de los experimentos	33
4.2. Colecta de las poblaciones	33
4.3. Cría masiva	34
4.4. Insecticidas empleados	35
4.5. Nombre común y estructura química de los insecticidas sintéticos	36
4.6. Preparación del extracto de <i>M. azedarach</i>	39
4.7. Método de exposición al tóxico	39
4.8. Procesamiento estadístico de la información	40
5. RESULTADOS Y DISCUSION	42
6. CONCLUSIONES	53
7. LITERATURA CITADA	54
8. APENDICE	73

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Valores de CL ₅₀ con sus respectivos límites fiduciales y ecuaciones de regresión para 7 insecticidas en <i>S. frugiperda</i> (J.E. Smith). LBLP. U. de G. Jalisco, Méx., 1993.	44
2	Matriz de toxicidad relativa de 7 productos a larvas de <i>S. frugiperda</i> (J.E. Smith). LBLP. U. de G. Jalisco, Méx., 1993.	45
3	Mortalidad en larvas de <i>S. frugiperda</i> (J.E. Smith) a 2 productos piretroides. LBLP. U. de G. Jalisco, Méx., 1993.	46
4	Mortalidad en larvas de <i>S. frugiperda</i> (J.E. Smith) a 2 productos organoclorados. LBLP. U. de G. Jalisco, Méx., 1993.	47
5	Mortalidad en larvas de <i>S. frugiperda</i> (J.E. Smith) a <i>M. azedarach</i> . LBLP. U. de G. Jalisco, Méx., 1993.	49
6	Mortalidad en larvas de <i>S. frugiperda</i> (J.E. Smith) a diflubenzuron. LBLP. U. de G. Jalisco, Méx., 1993.	50
7	Mortalidad en larvas de <i>S. frugiperda</i> (J.E. Smith) a azadiractin. LBLP. U. de G. Jalisco, Méx., 1993.	51
8	Ingredientes para preparar la dieta utilizada para la cría del gusano cogollero <i>S. frugiperda</i> (J.E. Smith). CIMMYT, El Batán, Méx., 1973.	74

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Espectro de susceptibilidad de larvas de <i>S. frugiperda</i> (J.E. Smith) a 5 insecticidas y 2 extractos vegetales. LBLP. U. de G. Jalisco, Méx., 1993.	43

RESUMEN

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), es una de las plagas más importantes del maíz en México por sus daños característicos. Los daños causados por este insecto son más graves en las plántulas, a las que destruye el meristemo apical y gran parte del follaje causando la muerte. También se pueden observar los daños en espigas y frutos en formación.

El control de este insecto se realiza con la aplicación de insecticidas sintéticos. Actualmente es el medio más efectivo e inmediato, pero su uso extensivo trae una serie de consecuencias que limitan su utilización, como el desarrollo de resistencia en insectos y problemas por su toxicidad y contaminación.

Tomando en cuenta la importancia de los aspectos antes mencionados, se desarrollan nuevas alternativas de control de insectos mediante la utilización de compuestos de metabolismo secundario de origen vegetal (Cremlyn, 1982; Lagunes y Arenas, 1984).

El presente trabajo se realizó bajo condiciones de laboratorio con los siguientes objetivos: Determinar la CL₅₀ en larvas de cogollero a insecticidas de diferente grupo toxicológico; comparar su toxicidad relativa con la actividad biológica de extractos de origen vegetal sobre larvas de cogollero; determinar los efectos morfológicos post-mortem de las larvas tratadas con extractos vegetales.

Durante el transcurso de este proyecto, se determinaron los valores de las CL₅₀ de los insecticidas: DDT, cypermetrina, cyhalotrina, diflubenzuron, endosulfan, azadiractin y un extracto de *Melia azedarach*.

Se trabajó con larvas de gusano cogollero obtenidas a partir de plantas de maíz del municipio de Zapotlán del Rey, Jalisco. La población original y sus descendientes se alimentaron con dieta artificial.

Los materiales técnicos de los insecticidas sintéticos se disolvieron en acetona, y los de origen botánico en etanol a concentraciones predeterminadas. La exposición al tóxico fue por el método "película residual". Se trataron larvas cuyo peso estuvo comprendido entre 29 y 130 mg que corresponde a los instares tercero y cuarto. Para cada dosis de insecticida se utilizaron 10 larvas distribuidas en 10 repeticiones de 1 larva cada repetición y el bioensayo para cada insecticida incluyó de 4 a 9 dosis, por lo que el número de larvas para determinar la CL₅₀ de cada insecticida varió entre 40 y 90 larvas.

Se introdujo una pequeña porción de alimento en cada vasito tratado para que se alimentaran las larvas durante su evaluación. Las lecturas de mortalidad se realizaron 24 hrs. después de la exposición al tóxico. Los resultados se analizaron de acuerdo con el método probit para la obtención de las CL₅₀.

Las larvas de cogollero se mostraron más susceptibles al insecticida cyhalotrina con una CL₅₀ de .0025 ppm. En orden de toxicidad le siguieron; diflubenzuron, cypermetrina, azadiractin, *M. azedarach*, endosulfan y DDT, con una CL₅₀ de .0037, .0138, .0425, .1187, .2140 y .4347 ppm respectivamente.

El extracto de *M. azedarach* es tan sólo 8.6 veces menos activo que cypermetrina y 2.7 veces menos activo que azadiractin, pero 1.8 veces más activo que endosulfan y 3.6 veces más activo que el DDT.

Resalta la actividad de *M. azedarach* porque no siendo un producto comercialmente desarrollado muestra una actividad insecticida comparable en primer término a azadiractin, insecticida registrado derivado del árbol del neem, y en un segundo término, superior o similar en actividad a insecticidas sintéticos de uso común.

I. INTRODUCCION

Desde hace 50 años, la intensidad y número de plagas se ha incrementado paulatinamente, calculando alrededor de 10,000 especies de insectos plaga ampliamente distribuidas en todo el mundo en cultivos, ganado, hombre y productos almacenados (López, 1985). Se han considerado en diversas áreas como los principales factores limitantes de los rendimientos agrícolas, situación que no permite a los cultivos mostrar su potencial óptimo de producción.

Durante años el hombre se ha preocupado por combatir el ataque de insectos plaga en sus cultivos, y debido a que los daños significan pérdidas económicas de gran trascendencia, resulta importante estudiar algunos aspectos tendientes al control de esta plaga.

Muchos han sido los mecanismos de lucha contra los insectos, pero se ha comprobado que los insecticidas sintéticos ocupan un lugar muy importante en el control de plagas. Actualmente es el medio más efectivo e inmediato para reducir poblaciones que significan un riesgo en el cultivo, pero el empleo consecutivo de estos productos ha traído una serie de consecuencias que limitan su utilización, como el desarrollo de cepas de insectos resistentes y problemas por su toxicidad y contaminación, del ambiente y de los alimentos.

El gusano cogollero *S. frugiperda* (J.E. Smith), es una de las plagas más importantes del maíz en México por sus daños característicos. Se encuentra en todas las áreas donde se cultiva, sobre todo en zonas tropicales y subtropicales, áreas donde se lleva a cabo la mayor parte de la agricultura de temporal.

Las larvas recién nacidas se alimentan en un área foliar reducida perforando y esqueletonizando las hojas. Su daño es más grave en las plántulas, a las cuales destruye el meristemo apical, ocasionado un crecimiento anormal o la muerte si el daño es muy severo. Los daños también se pueden encontrar en plantas de desarrollo más avanzado, en el follaje y espigas en formación. Ocasionalmente su ataque se extiende a los tejidos que dan origen al fruto y al fruto mismo.

Con el objeto de buscar alternativas para en el futuro limitar el uso de insecticidas sintéticos para el control de plagas agrícolas, la investigación se orienta cada vez más hacia el desarrollo de nuevas estrategias que permitan un control más equilibrado.

Una alternativa promisoría, es la utilización de productos de metabolismo secundario de origen vegetal. En el transcurso de la evolución, las plantas han desarrollado un buen número de mecanismos químicos de protección para defenderse del ataque de los insectos, como la repelencia, atrayencia, antibiosis, fagorepelencia y otros, aspectos menos estudiados como alternativas en el control de plagas (Cremlyn, 1982; Lagunes y Arenas, 1984).

Existen muchas plantas que poseen estas propiedades. Las moléculas bioactivas de estas plantas, son efectivas contra una gran diversidad de insectos y tienen por lo general la ventaja de perturbar menos el ambiente en comparación con los insecticidas sintéticos, debido a que la mayoría de los productos naturales son degradados más rápidamente por los factores físicos y químicos del ambiente.

En observaciones más detalladas, se ha reportado que los extractos de algunas especies de Meliaceas exhiben una acción reguladora de crecimiento que provocan un efecto morfogénico al momento de la muda, en especial la retención de características jóvenes tanto en pupas como en larvas; además, efectos antialimentarios y antagonistas de la fecundidad y fertilidad (Leos, 1991).

Este trabajo se desarrolló con 2 objetivos:

- * Determinar la CL_{50} en larvas de cogollero a insecticidas de diferente grupo toxicológico.
- * Comparar su toxicidad relativa con la actividad biológica de extractos de origen vegetal sobre larvas de cogollero.

II. HIPOTESIS

* La exposición histórica de las poblaciones a los insecticidas ejerce una presión de selección, tal que la susceptibilidad original se modifica a través del tiempo, lo que origina una respuesta temporal diferencial entre los grupos toxicológicos.

* Los extractos de plantas poseen actividad biológica como insecticidas, antialimentarios o reguladores de crecimiento y que causan mortalidad comparable a la que exhiben los insecticidas sintéticos.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1. Aspectos generales del gusano cogollero *S. frugiperda* (J.E. Smith)

3.1.1. Distribución

Diversos reportes indican que el gusano cogollero tiene su origen en los trópicos del continente americano, incluyendo a las Indias Occidentales y se distribuye geográficamente en casi la totalidad del mundo.

El insecto se considera ampliamente distribuido en América, ya que se ha reportado en Canadá, Estados Unidos, El Salvador y Guayanas Británicas por Luginbill (1928), en México por McKelvey y Osorio (1949), en Puerto Rico por App (1941), en Venezuela por Kern (1954), en Chile por Etcheverry (1953), en Brasil por Bertels (1967), citado por (Wiseman, 1967) y en Jamaica por Larter (1947).

Se sabe de la existencia de *S. frugiperda* en México desde 1888 en Coatepec y Jalapa, Veracruz y en Teapa, Tabasco (Osorio, 1949); posteriormente Sifuentes, Morán y López (1969), indican que se le puede encontrar en los estados de Michoacán, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Veracruz y Yucatán. Ibarra (1971), ha podido constatar su presencia en la Chontalpa, así como en Baja California Norte, Jalisco, Estado de México y Tamaulipas. Pacheco (1970), señala que el gusano cogollero se presenta en Sonora y en general en todas las regiones de clima tropical y subtropical.

3.1.2. Descripción morfológica

De acuerdo con Chittenden (1901), las primeras descripciones morfológicas del insecto fueron dadas a conocer por J.E. Smith y J. Abbot en 1797 y H.G. Dyar en 1901. Más recientemente Vázquez (1975), señala que la descripción más completa es la dada a conocer por Luginbill (1928):

Los "huevecillos" son esféricos con los polos achatados, el diámetro polar es de 0.39 mm y el ecuatorial de 0.47 mm, la coloración varía de acuerdo al grado de madurez, inicialmente es verde y antes de la eclosión se torna negruzco; la parte externa del corion tiene depresiones superficiales, mientras que la interna es completamente lisa. Las oviposiciones se hacen en masa, estas se encuentran cubiertas de pelos o escamas del adulto, y se localizan principalmente en el envés de las hojas terminales de las plantas del maíz que es su principal hospedero. El número de huevecillos producidos por hembra varía de 1,500 a 2,100 y el período de incubación dura un promedio de 3.24 días.

La "larva" en su último estadio mide de 4 a 5 cm; tiene la cabeza redondeada y ligeramente bilobulada, el cuerpo cilíndrico, dorsalmente café-grisáceo y ventralmente verde, con líneas dorsales y laterales, blancas y visibles; en ambos sexos se presentan 6 estadios larvarios; son activas, principalmente por la noche, se alimentan de las hojas, perforan el cogollo y se introducen en él; ocasionalmente se alimentan de la espiga en formación, el fruto y las hojas que lo envuelven; este período dura de 19 a 21 días; la larva madura cae al suelo y se entierra o permanece en la planta hospedera donde transcurre el período de pupación.

La "pupa" mide aproximadamente de 1 a 2 cm de longitud, de color café rojizo y negra antes de emerger el adulto; durante el estadio pupal los sexos pueden separarse, ya que en los machos en el noveno esteroito abdominal se encuentran 2 elevaciones que corresponden a los testículos, y en las hembras en el octavo segmento abdominal se presentan unas líneas ligeramente curvadas que corresponde a la bursa copulatrix; este período dura 11.45 días en machos y 10.32 días en hembras respectivamente.

El "adulto macho" mide de 3 a 4 cm de longitud, la cabeza y el torax son de color ocre, el abdomen presenta zonas oscuras y en la parte posterior un penacho o cresta abdominal; las alas anteriores son de color ocre blanquecinas con zonas oscuras y café rojizas, el área anterior es más pálida y presenta una manchita blanquecina; las alas posteriores son semibialinas blancas.

El "adulto hembra" es muy semejante al macho, con la única diferencia que es más oscura, carece de cresta anal y en las alas el área costal y las venas son grises. La longevidad de ambos sexos está influenciada por el tipo de alimento consumido, generalmente este período dura de 10 a 12 días.

3.1.3. Biología

Dew (1913), reporta que el ciclo de vida del gusano cogollero es de 30 días en temperatura media de 25.30C y que pasa por 6 instares larvarios en 14 días, un período de pupa de 10 días, 3 días para la preoviposición y los huevecillos eclosionan en 3 días.

Luginbill (1928), reporta que el período de incubación es de 2 a 10 días según la estación del año. La larva en el verano pasa por 6 instares en 12.09 días y en los meses fríos con temperaturas bajas del invierno pasa por 7 instares en 33.08 días. La pupa en el verano dura de 6 a 13 días y en el invierno de 16 a 43 días, el período de preoviposición es de 3.45 días.

Doporto y Enkerlin (1964), reportan que la incubación es de 3.5 días. Cuando las larvas se alimentan con hojas de maíz tienen 6 instares con duración de 2.61, 2.68, 3.73, 3.83 y 6.63 días, los cuales suman 22.28 días. Cuando las larvas se alimentan con granos de elote duran 20.78 días. Alimentadas con dieta artificial duran 17.19 días. El estado de pupa dura 8.80, 8.73 y 7.52 días, de acuerdo con el alimento ingerido. El período de preoviposición es de 3 días.

Vázquez (1975), reporta que el ciclo completo para los individuos que pasan por 6 instares es de 34.32 y 33.35 días para machos y hembras respectivamente. Para los que pasan por 7 instares, es de 36.23 y 36.27 días para machos y hembras respectivamente.

Ayala (1990), indica que en condiciones de laboratorio en Chapingo, Méx., se determinó que el ciclo vital es de 38.5 a 44 días. Se presentaron de 5 a 8 instares larvales; sin embargo, considera un promedio de 6. La longevidad del adulto es de aproximadamente 15 días. Dependiendo de las condiciones ambientales, se pueden completar de 5 a 11 generaciones en un año.

3.1.4. Daños y hábitos

Generalmente *S. frugiperda* se considera como la principal plaga del maíz, pero también se caracteriza por sus hábitos polífagos. Daña a más de 60 cultivos, entre los que destacan las gramíneas, principalmente ataca al maíz y sorgo, las cuales son probablemente el alimento preferido. Este insecto es llamado a veces "gusano del pasto" pero también ataca alfalfa, algodónero, cacahuete, camote, col espinaca, frijol, tomate, nabo, papa, pepino, tabaco, todos los cultivos de grano, trébol y chícharo de vaca. También se han localizado daños en ajonjolí, cártamo, cebolla, chile, fresa, soya y vid. Además se han encontrado causando fuertes defoliaciones en plántulas de arroz (Anónimo, 1976; Anónimo, 1979; Carrillo, 1984; Metcalf y Flint, 1984; Villar y Jiménez, 1988).

En el cultivo del maíz, las hembras durante el día permanecen escondidas en el follaje y al anochecer son activas, en este momento se aparean y ovipositan sobre cualquier superficie de las hojas; lo hacen en masas cubiertas por una fina pelusa que son escamas de la propia hembra. Las larvas después de la eclosión se alimentan del corion y escamas permaneciendo juntas por varias horas, después ocurre una dispersión en busca de alimento y protección (Dew, 1913; Luginbill, 1928; Vickery, 1929; Morán y Sifuentes, 1967; Morán, 1969; citado por Madrigal, 1980; Vázquez, 1975).

De acuerdo con Dew (1913), Luginbill (1928), Vickery (1929), App (1941), Bissel (1944) y Vázquez (1975), las larvas comienzan a alimentarse "esqueletonizando" las hojas jóvenes de la planta durante los primeros 3 estadios, a partir de entonces, la larva hace perforaciones y se introduce al "cogollo". A las plantas recién nacidas puede causarles la muerte y a las plantas grandes un crecimiento anormal.

La larva ya madura cae al suelo y se entierra para pupar o bien puede hacerlo en el fruto, espiga o cogollo de la planta (Burkhardt, 1952; Vázquez, 1975; Madrigal, 1980).

Ayala (1990), señala que normalmente el gusano cogollero inverna en estado de pupa bajo la superficie del suelo. No obstante, en países tropicales sin invierno definido, este insecto es activo durante todo el año. Las hembras fecundadas depositan sus huevecillos en el envés de las hojas en masas de 10 a 300 huevecillos. Las larvas de primer instar y principios del segundo se encuentran en agregados y se alimentan en el envés de las hojas donde eclosionaron. Generalmente al final del segundo instar se dirigen e introducen al cogollo, donde permanecen el resto del período larval y es donde consumen la mayor cantidad de follaje, destruyendo con ello el cogollo.

De igual manera, este autor hace notar que cuando las larvas están desarrolladas, generalmente solo se encuentra una larva por cogollo, ya que a partir del tercer instar presentan hábitos de "canibalismo".

3.2. Descripción de insecticidas de origen botánico para el control de insectos

La humanidad ha utilizado productos de las plantas para el control de insectos por varios siglos. Los insecticidas botánicos son productos derivados de vegetales, es decir, que no son sintetizados químicamente, si no que mediante ciertos procedimientos son extraídos de las plantas que poseen algunas sustancias con propiedades insecticidas.

Dentro de este grupo se tienen compuestos importantes como los alcaloides, aminoácidos, isobutilamidas insaturadas, piretrinas, esteroides, terpenos y triterpenos, cumarinas, ligninas, rotenoides y otros flavonoides, fenilpropanoides, ácidos grasos, tiocianatos y otros compuestos sulfurados y algunos otros compuestos de grupos diferentes.

3.2.1. Alcaloides

La planta de tabaco fue introducida en Europa en 1560 más o menos; Sir Walter Raleigh inició la práctica de fumar el tabaco en 1885 en Inglaterra, y no mucho más tarde, hacia 1690, se utilizaron extractos acuosos de las hojas de tabaco para aniquilar insectos chupadores en plantas de jardín (Jacobson y Crosby, 1971). El principio activo de las hojas de tabaco se demostró más tarde que era el alcaloide nicotina, aislado inicialmente en 1828 y cuya estructura se puso en claro en 1893 (Hartley y West, 1969; Martín, 1973).

Históricamente la clase de alcaloides más importante para el control de insectos han sido los nicotínicos (Yanamoto, 1965; Schmeltz, 1971). Estos compuestos se han utilizado en forma de extractos de tabaco por cerca de 300 años. Los nicotínicos son más efectivos contra insectos pequeños con cuerpo blando (Schmeltz, 1971).

La nicotina ocurre en las plantas de tabaco como una sal, con los ácidos cítrico y álico en proporción 1:8% y puede ser extraído de las hojas y raíces de la planta por medio del tratamiento con solución alcalina, seguido de destilación al vapor (Martín, 1973).

Crosby (1971), señala que química y genéticamente existe otra clase de alcaloides que son tóxicos a insectos. En su trabajo discute los alcaloides de la sabadilla y ryania, y se han desarrollado insecticidas de las correspondientes plantas. Los alcaloides de la sabadilla se obtienen de una planta de la familia Liliaceae, *Schoenocaulon officinale*. Estos alcaloides generalmente se conocen como "alcaloides Veratrum", sin embargo, en la preparación aparecen compuestos foto-oxidativamente inestables, lo cual ha limitado su utilización a pesar de su amplio espectro de acción. Los alcaloides Veratrum también tienen una considerable actividad biológica como tóxicos en mamíferos.

"Ryanodina", es el principio activo de *Ryania* sp, con un amplio espectro de actividad tóxica contra insectos. Es un veneno estomacal para el control de larvas de lepidópteros. En Europa lo utilizan principalmente contra el

barrenador del grano *Ostrinia nubilalis* (Crosby, 1971).

Pelletier (1983), señala que existen varias definiciones de un alcaloide e indica que únicamente los compuestos alcalinos que contienen Nitrógeno y sus sales cuaternarias son considerados como alcaloides, así el nombre básico isobutil-amidas y metanoides también son considerados alcaloides. Por ello también se considera al alcaloide "Fitostigmina" como el único carbamato-éster natural conocido y es un verdadero agente activo anticolinesterasa. El descubrimiento de este compuesto dio origen a la síntesis de los carbamatos.

Otros 2 alcaloides la "Haplofitina" y "Cimicidina" fueron encontrados en la especie *Haplophyton cimidium* y con ellos se reporta una actividad insecticida por contacto en *Blattella germanica* (Rogers, et al., 1952).

Por otro lado Sakata, et al. (1958), reportan la actividad de "Stemospironina, Stemorina" y "Stemiofolina" en larvas de *Bombyx mori* cuando son incorporados a la dieta. Así mismo señalan que estos compuestos son extraídos de la especie *Stemona japonica*.

Negherbon (1959), hace la referencia más amplia de los alcaloides y la gran variedad de especies de insectos controlados. *Nicotiana tabacum* produce entre sus tejidos el alcaloide "Nicotina" con un amplio espectro de aplicación. Se obtienen magníficos resultados en fumigaciones sobre adultos de *Eriosoma americanum*, *Aphis gossypii*, *Macrosiphoniella sanborni*, *Aphis rumicis*, *Aphis fabae*, *Myzus solanifolii*, *Myzus persicae*, *Thrips tabaci*, *Myzus persicae* y *Macrosiphium pisi*.

Evaluaciones por contacto en *A. rumicis*, *Thermobia domestica*, *Lygus kalmii* y *Blattella germanica*, dieron buenos resultados cuando se suministró por ingestión en larvas de *B. mori*, *Ceratonia catalpae*, *Anasa tristis*, *Periplaneta americana*, *Popillia japonica* y adultos de *Calliphora erythrocephala*, *Lutilla sericata* y *Prodenia eridania*. Otras aplicaciones en forma tópica en *Aphis mellifera*, *Oncopeltus fasciatus*, *P. japonica*, *Galleria mellonella*, *Tenebrio molitor* y *B. mori* respaldan la efectividad de "Nicotina" en diferentes formas de aplicación (Allen, 1945; Negherbon, 1959).

Otro alcaloide "Anabasina" también extraído de *Nicotiana* spp es utilizado como sulfato al igual que "Nicotina" para eliminar poblaciones de *Nilaparvata lugens*. Así mismo "Cocculolidina" es un alcaloide proveniente de *Cocculus trilobus* con actividad en especies de *Callosobruchus chinensis* y *Nephotettix bipunctatus* (Wada y Munakata, 1967).

Por su parte Isogai, *et al.* (1973), hacen referencia de "Arecolina" y "Berberina" presentes en los tejidos de *Areca* spp, *Areca semen*, *Phellodendri cortex* y *Melia cortex*. Así mismo señalan que estos compuestos muestran actividad tóxica en *B. mori*.

3.2.2. Aminoácidos

Los aminoácidos no proteicos muestran una toxicidad aguda más baja que otras clases de compuestos (Rosenthal y Bell, 1979; Fowden, 1981). No obstante las plantas responden a la producción de altas concentraciones de estas toxinas en sus tejidos, de las semillas de *Dioclea megacarpa* se obtiene el aminoácido "Canavanina", esta toxina contra insectos parece ser primeramente de interés ecológico, ya que no ha tenido un potencial para el control químico (Fowden, 1981).

A pesar de que la "L-Canavanina" es un compuesto poco utilizado en el control de insectos, se tienen reportes de su actividad en algunos de ellos. Generalmente este compuesto se reporta tóxico en especies de *B. mori*, *Musca autumnalis*, *Haematobia irritans* y *Stomoxys calcitrans* (Isogai, *et al.*, 1973; Dahilman, *et al.*, 1980).

Rehr, *et al.* (1973), reportan la actividad que tiene "5-Hidroxytriptofano" en *P. eridania*. Otros trabajos realizados por Hassid, *et al.* (1976), indican que *Spodoptera littoralis* se mostró susceptible a la aplicación de "Azetidina-2-ácido carboxílico". Por su parte Schlesinger, *et al.* (1976), trabajaron con "Beta-Ciano-L-alanina". En sus resultados concluyen que es un compuesto activo en *Locusta migratoria*.

Janzen, *et al.* (1977), analizaron varios aminoácidos activos en *Callosobruchus maculatus*. En su trabajo concluyen que "N-metil tirosina, 5-Hidroxyriptofano, L-Mimosina, Beta-Ciano-L-alanina" y "Azetidina-2-ácido carboxílico" son los principales compuestos activos, provocando cierto grado de mortalidad en esta plaga insectil.

3.2.3. Isobutilamidas insaturados

Estos compuestos son derivados de la pimienta la cual produce bajas concentraciones y ofrece protección a la planta del ataque de insectos. Miyakado, *et al.* (1983), han analizado las amidas de una Piperaceae y su respectiva actividad biológica. Biogénicamente, estos compuestos aparecen distribuidos en forma de ácidos grasos, aunque no se han realizado estudios dirigidos a su biosíntesis (Torsell, 1983).

Hasta el momento solo se han aislado 10 compuestos diferentes dentro de este grupo. Varios autores señalan que la "Nonisobutilamida" es el único compuesto activo (Su, 1977).

Esta clase de compuestos son el modelo de productos naturales mejor desarrollados desde que aparecieron los piretroides como insecticidas. Los problemas por estos compuestos parecen ser similares a los producidos por los piretroides naturales, fotoinestables y susceptibles al metabolismo de las especies.

Crombie (1952), hace referencia de los primeros compuestos utilizados para controlar insectos. Analizó el principio activo de "Neoherculina" aislado de *Zanthoxylum* spp en larvas de *Musca domestica* y *T. molitor*. Así mismo Jacobson (1953), señala que *M. domestica* también mostró susceptibilidad a la aplicación de "Pellitorina" extraído de *Piper* spp.

Otros trabajos realizados sobre *B. mori*, *Anopheles quadrimaculatus*, *M. doméstica* y *T. molitor*, con aplicaciones de "Spilantol" a diferentes concentraciones, provocan mortalidades significativas en estas especies. Este compuesto ha sido aislado de 3 especies vegetales *Spilanthes acmella*, *Spilanthes oleraceae* y *Heliopsis longipes* (Crombie y Taylor, 1957; Jacobson, 1971; Murakoshi, *et al.*, 1976).

Miyakado, *et al.* (1979), en su trabajo concluyen que "Pipercida" y "Pellitorina" son compuestos activos en *C. chinensis*. Además, señalan que *Piper nigrum* produce otros compuestos que se analizan en *Culex pipiens* y *M. domestica*. Reportaron la "Dihidropipercida" y "Guineensina" como los productos más activos aplicados por contacto.

Las isobutilamidas insaturadas se han analizado tanto por contacto como incorporados a la dieta. Así el caso de "Piperina" activa en larvas de *Sitophilus oryzae* cuando se alimentó con dieta artificial. Otros trabajos realizados con "Pellitorina" en larvas de *Pectinophora gossypiella* y "Pipercida" en larvas de *C. maculatus*, ambos compuestos incorporados a la dieta, se mostraron activos en estas especies (Su, 1977; LaLonde, 1980; Su y Horvat, 1981; Kubo, *et al.*, 1984).

3.2.4. Piretrinas

El piretro es un compuesto tóxico de contacto que se ha utilizado como insecticida desde la antigüedad. Su uso comercial se originó probablemente en Persia (400 años A. de C.) donde se utilizaba para combatir piojos en humanos.

Las piretrinas son los más ampliamente activas de la clase de insecticidas naturales. Como productos naturales fueron las primeras y han procreado nuevas clases de insecticidas sintéticos.

El piretro debe su importancia a la notable rápida acción de derribo (unos cuantos segundos) que tiene sobre insectos voladores, aunado a la muy baja toxicidad para los mamíferos debido a su rápido metabolismo (Martín y

Worthing, 1974). Todas las piretrinas se obtienen de las cabezas florales de *Chrysanthemum cinerariaefolium* por medio de la extracción con querosena o dicloruro de etileno y el extracto se concentra por destilación al vacío (Hartley y West, 1969).

Incho y Greenberg (1952), hacen referencia de los primeros compuestos activos en *M. domestica*, la "Piretrina" y la "Cinerina". Un año después, Ward (1953), trabajó con *Phaedon cochlearis*, y de sus resultados concluye que esta especie se mostró susceptible a la aplicación de estos compuestos.

La "Piretrina" es un compuesto ampliamente utilizado en diversas especies de insectos. Varios reportes indican su actividad en *M. domestica*, *B. germanica*, *A. rumicis*, *Tribolium castaneum* y *P. americana* (Negherbon, 1959; Chang y Kearns, 1962; Sawicki y Thain, 1962).

Godin, *et al.* (1965), hace referencia de otro compuesto activo en *P. cochlearis*, *M. domestica* y *Tenebrio castaneum*. Así mismo señalan que a concentraciones más altas la "Jasmolina" también es activo en *Aedes aegypti* y *Daphnis magna*.

3.2.5. Esteroides, terpenos y triterpenos

Son relativamente pocos los reportes de los triterpenos no ecdiesteroides como tóxicos a insectos. A pesar de carecer del esqueleto característico de esteroide, los "quassinoides" son biogénicamente derivados de esteroides (Polonsky, 1973). Existen pocos datos sobre los constituyentes biológicos de quassina pura y neoquassina (Crosby, 1971). Así el "Quassin" y "Neocuassin" son los principales constituyentes de *Quassia* spp.

Murakoshi, *et al.* (1976), trabajó con "digitoxina" extraído de *Digitalis purpurea* en larvas de *B. mori*. De sus resultados concluye que este producto se mostró activo cuando se incorpora a la dieta y la larva se alimenta de ella.

McLaughlin, *et al.* (1980), hacen referencia de otros 2 compuestos aislados de los extractos de *Thevetia thevetioides* con efecto insecticida en *O. nubilalis*. Indican que "Neriifolin" y "2-Acetilneriifolin" ambos incorporados a la dieta a diferentes concentraciones, mostraron cierto grado de mortalidad en las especies señaladas anteriormente.

Otros 2 compuestos, "Glaucarobinona" y "Bruceina B" fueron encontrados en especies de *Quassia* spp. y con ellos se reporta actividad insecticida en *L. migratoria* (Odjo, *et al.*, 1982). Otros trabajos realizados sobre larvas de *Acalymna vittatum* y *Laspeyresia pomonella* incorporando a la dieta "Neriifolin" extraído de la especie *Dacrydium intermedium* confirman la efectividad de estos quassinoides (Reed, *et al.*, 1982).

Este grupo incluye los monoterpenos de pinos, repelentes y tóxicos a muchas especies de insectos. También se incluye el norditerpeno lactone de *Podocarpus* spp mejor conocido como citotoxinas. El tercer grupo interesante es el de *Gossypium* spp, plantas del algodón del cual se extrae el terpeno "Gossipol".

Bottger, *et al.* (1964), reportan al "Gossipol" como tóxina activa en *A. gossypii*, *Anthonomus grandis*, *Estigmene acrea* y *Heliothis zea*, compuesto aislado de especies de *Gossypium hirsutum*, y de *Pinus taeda* la "Limonina" compuesto analizado en especies de *Dendroctonus frontalis*.

Otros compuestos encontrados en *Pinus ponderosa* como "Beta-Pinina, Limonina" y "3-Carina" presentan actividad en *Dendroctonus brevicornis* (Smith, 1975). Otros trabajos con "Beta-Thujaplicin" aislado de especies de *Juniperus recurva* y *Thuja plicata* sobre *Hylatropus bajulous* indican que esta especie se muestra susceptible a la aplicación del compuesto (Becker, 1965).

Por su parte Shaver y Lukefahr (1969), trabajaron con "Gossipol" en larvas de *P. gossypiella* al contaminar la dieta con diferentes concentraciones del compuesto. En tanto que Rusell y Singh (1972), realizaron otras pruebas en *M. domestica* con "Nagilactona" aislado a partir de los extractos de especies de *Podocarpus* spp. Un año después, Rusell, *et al.* (1973), señala que *M. domestica*

también se muestra susceptible al terpeno "Hallactona A" aislado de los metabolitos presentes en *Podocarpus halii*.

Otros trabajos realizados por Singh, et al. (1973), muestran la actividad de 5 terpenos en *M. domestica*, aislados de los extractos de las especies de *Podocarpus spp*, *P. halii* y *Podocarpus nerifolius*. De esta forma reportan los compuestos "Podolactona E, Hallactona A, Podolactona C, Nagilactona C" y "Sellowina A" como terpenos activos. En tanto que Liang, et al. (1974), reportan otro compuesto aislado de *Anethum graveolus*, la "d-Carvan" con actividad insecticida en *Drosophila melanogaster* y *A. aegypti*.

Coyne y Latt (1976), hacen referencia de varios terpenos activos en *Dendroctonus frontalis*. Reportan la " - β -Carina, d-Limonina, l-Limonina, alfa-Fellandrina, Mircina, d-alfa-Pinina, l-alfa-Pinina" y "Beta-Pinina" como los compuestos más eficientes en este coleóptero.

Otros 4 terpenos; "Heliocida H1, Heliocida H2, Heliocida H3" y "Hemigossipolon" fueron encontrados en la especie *G. hirsutum* con actividad insecticida en larvas de *Heliothis spp* y *Heliothis virescens* (Stipanovic, et al., 1976; Lukefahr, et al., 1977; Stipanovic, et al., 1978). Trabajos realizados con "Thujopsen" y "8-Cedren-13-ol" presentes en *J. recurva*, han mostrado su potencial insecticida en *Culex pipiens* alterando su metabolismo (Oda, et al., 1977).

Isogai, et al. (1977), reportan la actividad de "Cinnzeylanol" como un compuesto aislado de la especie *Cinnamomum zeylanicum* y con actividad insecticida en *B. mori*.

Trabajos más recientes señalan que *Podocarpus spp* y *P. halii*, producen terpenos activos en larvas de *M. domestica* y *Erythras postvittana*. Compuestos como "Hallactona B, Nagilactona C, Podolid, Nagilactona E" y "Nagilactona D" todos incorporados en la dieta a diferentes concentraciones (Singh, et al., 1979).

Zalkow, *et al.* (1979), hacen referencia de la "Pelugona" como único compuesto del que se tienen reportes con actividad en *S. frugiperda*, terpeno presente en especies de *Mentha pulegium* y que ha mostrado su actividad insecticida en este lepidóptero.

3.2.5.1. *Azadirachta indica* como fuente de azadiractin y otros limonoides

La búsqueda de metabolitos secundarios de las plantas que interrumpen el sistema endocrino de artrópodos, comienza con el descubrimiento accidental en papel derivado de madera de *Abies balsamifera* (Sláma y Williams, 1966).

El árbol del neem es originario del Sur y Sureste de Asia. En los últimos 100 a 150 años ha sido introducido en África y el Sureste de América. En América el árbol del neem es abundante en Surinam y Haití, y en Brasil, Puerto Rico, Cuba y Nicaragua existe un limitado número de árboles (Radwansky, 1981). El neem llega a alcanzar una altura de 25 m., prospera en climas tropicales con precipitaciones anuales de 400 a 800 mm. y una estación árida prolongada. Neem puede tolerar sequías severas, terrenos pobres, superficiales y salinos (Ketkar, 1976; Radwansky y Wickens, 1981).

De los frutos del neem se obtienen los ingredientes activos más importantes que afectan el desarrollo de varios insectos (Ketkar, 1976). El material insecticida de los extractos son fáciles de procesar y formular aún careciendo de material tecnológico apropiado. Además existe seguridad para el hombre y los animales al utilizarlo como insecticida, no afecta a los enemigos naturales, pues sus compuestos reguladores de crecimiento y antialimentarios no tienen acción de contacto (Schmutterer, *et al.*, 1983).

El árbol del neem o árbol del Margosan, un miembro de las caobas de la familia Meliaceae, es el principal origen de los compuestos del azadiractin (Ketkar, 1976). Primeramente, teniendo varios efectos

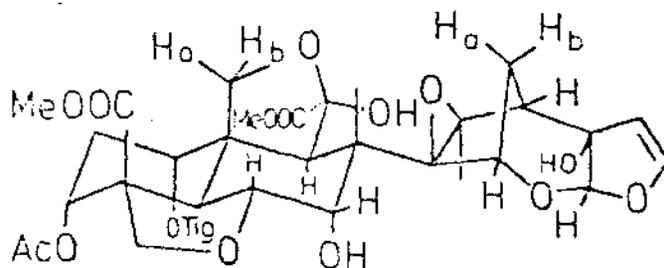
sobre insectos, azadiractin (AZ) es considerado el principio activo más importante en las almendras de las semillas del neem. No obstante, la cantidad de estos compuestos presentes en las semillas depende en gran medida de los factores ambientales y posiblemente también por razones genéticas (Schmutterer, 1990).

Azadiractin es un importante insecticida para el control de insectos plaga de importancia económica, ya que muestra un potencial insecticida comparable a la de los más potentes productos sintéticos convencionales, además de su especificidad (con efectos en el comportamiento, desarrollo y procesos bioquímicos peculiares en los insectos), no es mutagénico, es biodegradable y con actividad sistémica en las plantas, ya que es absorbido por hojas y raíz (Lee, 1991).

Azadiractin tiene efectos severos sobre insectos en los que se cuenta: Disuasión en la alimentación, inhibición del crecimiento y la muda, atenuador de la fertilidad y fecundidad y modificación de la conducta de varias especies de plagas tanto en cultivos como en granos almacenados (Saxena, *et al.*, 1981; Saxena y Khan, 1985; Leos, 1991).

Los tetranortriterpenoides (limonoides) son considerados entre los más promisorios e interesantes insecticidas derivados de plantas. Azadiractin (producto derivado de *A. indica*), es considerado el prototipo de mayor disuasión en la alimentación de insectos, además de su actividad como insecticida (Lee, 1991).

El primer intento por clarificar la fórmula química de azadiractin fué realizado y publicado por el grupo Nakanishi's en 1975 (Zanna, *et al.*, 1975) cuya fórmula fué aceptada por 10 años. No fué sino hasta 1985 cuando Kraus y Pohnl proponen la siguiente estructura:



Pradhan y Jotwani (1968), reportan la actividad antialimentaria del neem contra locústidos y antes de 1970 identificaron los 3 antialimentarios más importantes: "Salanina, Meliantrol y Azadiractin".

Además de éstos, se reportan otros 31 compuestos menos activos (Anónimo, 1983).

La actividad reguladora de azadiractin se reporta en la conchuela del frijol *E. varivestis* (Schmutterer y Rembold, 1980). También se tienen reportes en la palomilla del mediterráneo *Anagasta kuehniella* y la abeja *A. mellifera* (Sharma, *et al.*, 1980).

Trabajos realizados por Fagonce (1981), citado por Cox (1981), señala que los adultos de *Crocidolomia binotalis* fueron rechazados por el tratamineto con extractos del neem en plantas de repollo al detectar el compuesto con el olfato a una distancia de 25 cm. Otra observación importante, es que se reduce la oviposición en las áreas tratadas. Steets y Schmutterer (1975), señalan que las hembras de *E. varivestis* reducen su fecundidad en un 90% y retardan su oviposición por 8 días al estar confinadas en plantas tratadas con azadiractin.

Estudios sobre la alimentación de larvas de varios insectos lepidópteros como son: *S. litteralis*, *S. frugiperda*, *S. exempta*, *H. virescens*, *Helicoverpa zea*, *H. armigera*, *Trichoplusia ni* y *Mamestra brassicae*, el azadiractin redujó alimentación en todas las especies probadas. Las

especies oligófagas fueron más sensibles que las polífagas (Simmonds y Blaney, 1984).

Kraus, *et al.* (1986), aislaron de las semillas del neem: "22,23-dihidro-23 Beta-metoxiazadiractin, 3-trigloilazadiractol y 1-trigloil-3-acetil-11-metoxiazadiractin" activos en el desarrollo de larvas de *E. varivestis* (Baumann, 1985) y *S. frugiperda* (Klinge, 1985).

Kould, *et al.* (1987), señala que azadiractin provoca deformación e inhibición del crecimiento en larvas de primer instar de *B. mori* a los 3 primeros días de ser suministrado el producto, observando mortalidad hacia los 12 días de iniciar el ensayo.

Los extractos acuosos de semilla del neem, inhibieron la oviposición, eclosión y emergencia de *C. maculatus* en granos de garbanzo, protegiéndolos durante 5 meses. Así mismo redujo el daño de *S. oryzae* en granos de maíz al inhibir la alimentación y la emergencia de adultos (Makanjuola, 1989).

En trabajos de laboratorio se ha observado que las hembras de algunos insectos lepidópteros son rechazadas sobre partes de plantas tratadas por productos del neem u otros substratos, evitando de esta forma la postura de huevecillos en las áreas tratadas. Esto ha sido observado en el gusano de la col *Crociodolomia binotalis*, el gusano bellotero del algodón *H. armiguera* y el gusano cogollero *S. frugiperda* (Schmutterer, 1990).

Lee (1991), aisló "22,23-dihidroazadiractin y 2',3', 22,23-tetrahidroazadiractin", análogos de azadiractin con actividad inhibitoria en el desarrollo de *S. frugiperda* comparable a la de azadiractin. Así mismo señala que "3-deacetilazadiractin" provoca toxicidad e inhibición del desarrollo en larvas de *H. virescens* y *E. varivestis*.

3.2.6.2. *Melia azedarach*

M. azedarach o árbol del paraíso, también llamado "Paraguas Chino", es originario de China y el Norte de la India y actualmente se encuentra ampliamente distribuido en nuestro país. Es pequeño, de 3 a 6 m. de altura, aunque en su tierra natal puede alcanzar de 10 a 12 m.

El principio activo de *M. azedarach* se localiza en el tallo y órganos fructíferos. Se utiliza como insecticida de contacto en forma de extracto acuoso (Jacobson, 1975; Greing, *et al.*, 1985).

Los extractos acuosos y metanólicos de los frutos de *M. azedarach* se reportan con actividad en *L. nigratoria* (Wen, *et al.*, 1991, citados por Lee, 1991).

Los compuestos de azadiractín y *M. azedarach* que interrumpen el desarrollo (regulando el crecimiento), aislados de las almendras de las semillas de *A. indica* y *M. azedarach*, presentes en estas plantas, son ingredientes con efecto prometedor debido al sobresaliente modo de acción y la actividad contra un amplio rango de insectos controlados aunado a la baja actividad sobre organismos de sangre caliente.

Los antialimentarios provocan desorientación e inquietud continua en los insectos, reduciendo los períodos de alimentación y las cantidades ingeridas, incrementando el parasitismo al permanecer expuestos y débiles ante sus enemigos naturales (Cox, 1981).

Los reguladores del desarrollo no sólo retardan el crecimiento de larvas y ninfas, sino que además producen anomalías y fallas morfogénicas. Las anomalías incluyen; larvas obscurcidas y encogidas con pseudopatas vestigiales, monstruosidades larva-pupa, pupas con patas y parches de cutícula larval en los téguitos (Saxena, *et al.*,

1981). También es común observar ninfas demasiado pequeñas o grandes provocando mortalidad antes de la emergencia del adulto, además es frecuente que la cutícula se encuentre adherida al abdomen o patas (Heyde, *et al.*, 1985).

Otros trabajos realizados por Redforn, *et al.* (1981), citados por Cox (1981), señalan que los insectos no pueden abandonar su cutícula vieja y mueren. Las ninfas en su intento por transformarse en adultos rompen la cutícula nueva en la región dorsal del tórax, lo cual está asociado con una "inhibición de la síntesis de quitina".

Steets (1975), señala que las aspersiones de extractos crudos de *A. indica* y *M. azedarach* provocaron 100% de mortalidad en larvas de *E. variivestis*. Además señala que se observan cambios morfológicos en un período de tiempo más prolongado.

3.2.7. Cumarinas

En esta categoría está incluida la misma cumarina, representativa de la furanocumarina y la cumarina prenilada del grupo de la "sugarin" y "mammein". El grupo de las mammeins es aislado, caracterizado y reportado como insecticida de los principios extractivos de *Mammea* spp. (Crosby, 1971).

No obstante, Crombie, *et al.* (1972), aisló y caracterizó químicamente el insecticida actual de los componentes de *Mammea americana* y *M. longifolia*, señala que los compuestos "Sugarin y Mammea X_{a,b}" mostraron actividad en larvas de *M. domestica*.

Otros 2 compuestos "Cumarina" y "Dicumarol" encontrados en especies de *Mammea* spp con actividad insecticida en larvas de *C. maculatus* cuando se contaminó la dieta proporcionada a las larvas (Janzen, *et al.*, 1977). Otro compuesto presente en plantas de las familias Rutaceae y Umbelíferae; la

"Xantotoxina" con actividad insecticida en *Spodoptera eridania* (Berenbaum, 1978).

Nakajima y Kawazu (1980), hacen referencia de la actividad de "Cumarin", también tóxico en larvas de especies de *D. melanogaster* cuando se alimentan con dieta contaminada por este compuesto encontrado en especies de *Eupatorium japonicum*.

3.2.8. Ligninas

Estos fenilpropanoides producen relativamente poca toxicidad a insectos. Existe poca referencia sobre su actividad biológica.

Murakoshi, *et al.* (1976), reportan la actividad insecticida de "Sesamina, Justicidina A, Justicidina B" y "Kobusina" en larvas de *B. mori*. Así mismo señalan que estos compuestos fueron encontrados en especies de *Magnolia kobus* y *Justicia procumbens*.

Otro compuesto "Peltatin-metil-eter" encontrado en especies de *Libocedrus bisulcatis* y reportado con actividad insecticida en adultos de *M. domestica* (Rusell, *et al.*, 1976).

3.2.9. Rotenoides y otros flavonoides

Este grupo incluye la rotenona y sus relativos. La rotenona se utilizó primero como insecticida. Actualmente es usada para la protección de plantas. Negherbon (1959), ha compilado una gran cantidad de reportes de los constituyentes puros de la raíz de *Derris* spp. Por su parte Hahlbrock (1981), e Ingham (1983), han revisado la biosíntesis de los flavonoides e isoflavonoides.

Negherbon (1959), hace la primera referencia de la "Rotenona" con actividad insecticida. Señala que este compuesto se encuentra en especies de *Derris* spp., *Tephrosia* spp., *Lonchocarpus* spp., *Milletia* spp. y *Mundulea* spp. con un amplio espectro de aplicación, ya sea en forma oral, por contacto, ingestión

(incorporado a la dieta) y aplicación tópica. De esta forma reporta la "Degulina, Toxicarol, Sumatrol" y "Elliptona" como compuestos activos en adultos de *Macrosiphoniella sanborni* y larvas de cuarto instar de *B. mori*, así como *M. domestica* y *A. rumicis*. Así mismo señala que la "Rotenona" tiene actividad insecticida en larvas de *Culex spp.*, *A. rumicis*, *Heliothis armigera*, *B. mori*, *M. domestica*, *Vanessa cardui* y *T. tabaci*, entre otros.

Trabajos realizados por Shaver y Lukefahr (1969), en flavonoides encontrados en las especies de *Cassipium spp.*, reportan actividad insecticida de "Quercetina" e "Isoquercetina" en larvas de *H. zea* y *H. virescens* y "Rutin" y "Morin" activos en *P. gossypiella*.

3.2.10. Fenil propanoides

Los compuestos incluidos en este grupo no muestran un extraordinario potencial tóxico y los "metilendioxifenil" son superiores como sinérgicas. Manitto (1981) y Torsell (1983), han revisado su biosíntesis.

"Miristicina" es un compuesto aislado de especies de *Pastinaca sativa* activo en especies de *D. melanogaster* (Lichtenstein y Casida, 1963). Otros 2 compuestos "Apiol" y "Dill-apiol" con actividad insecticida en *A. aegypti* y *D. melanogaster* encontrados en especies de *Anethum graveolus* (Lichtenstein, et al., 1974).

Janzen, et al. (1977), hacen referencia de "Beta-Asarona" activo en *Callosobruchus maculata*. Marcus y Lichteinsten (1979), reportan la actividad de "trans-Anethol" en *M. domestica*, propanoide encontrado en *Pimpinella anisum*, única planta que produce este compuesto.

3.2.11. Acidos grasos

Estos compuestos, al igual que los fenilpropanoides, no son de

BIBLIOTECA FACULTAD DE AGRONOMIA

excepcional potencial insecticida. Los ácidos grasos son poco utilizados en el control de plagas, de los cuales existe poca información al respecto.

Una de las referencias acerca de estos compuestos es establecida por House y Graham (1967), trabajando con *Tribolium confusum* y *Pseudosarcophaga affinis*, encontraron la actividad insecticida de los ácidos "Cáprico, Caprílico" y "Caproico".

3.2.12. Isotiocianatos y otros compuestos sulfurados

Lichtenstein, *et al.* (1962), reportan la actividad insecticida de "2-Fenil-etil-isotiocianato" encontrado en especies de *Brassica rapa* y activo en especies de *M. domestica*, *Acrythosiphon pisum*, *Tetranychus atlanticus* y *Epilachna varivestis*. Por su parte Lichtenstein, *et al.* (1964), reportan el mismo compuesto encontrado en muchas crucíferas también activo en *D. melanogaster*. En tanto que Carroli, *et al.* (1980), lo reporta activo en especies de *Anastrepha suspensa* también susceptible al compuesto "2-Propenil-isotiocianato".

Por otro lado Amonkar y Banerji (1971), hacen referencia de 2 compuestos sulfurados "Diallil disulfida" y "Diallil trisulfida" encontrados en especies de *Allium sativum* con actividad insecticida en *C. pipiens*.

3.2.13. Compuestos miscélanos

En esta clase de compuestos se encuentra el grupo de los metansanoides (Powell, *et al.* 1981), compuestos relacionados con un amplio grupo de antibióticos, podrían ser más de valor como antitumor, que como agentes de control de insectos.

Brown (1971), hace referencia de varios compuestos encontrados en *Lotus pedunculatus* como "Karakin, ácido- 3-Nitropropionico, Coroniaran" y "Cibarian" con actividad insecticida en *Costelytra zealandica*. Por su parte Byers, *et al.* (1977), reportan la actividad de "ácido 3-Nitropropionico" en *C. maculatus*.

Así mismo señalan que este compuesto se encuentra presente en los tejidos de *Coronilla varia*.

Por otro lado Janzen, *et al.* (1977), señalan que además del "ácido β -Nitropropionico", el "ácido-alfa-Guanidino-butirico" también presenta actividad insecticida en *C. maculatus*.

Otro compuesto "trans-2-Nonenal" ha sido encontrado en los extractos de especies de *Daucus carota* con actividad en *Psila rosae* (Guerin y Ryan, 1980). Trabajos realizados en larvas de *Manduca sexta*, *H. zea* y *A. gossypi*, han determinado la actividad de "2-Tridecanona" encontrado en *Lycopersicon hirsutum* (Williams, *et al.*, 1980).

Freedman, *et al.* (1982), encontraron varios compuestos tóxicos en *Trewia nudiflora* que afectan el metabolismo de larvas de *O. nubilalis*. Entre los compuestos más importantes señalan la "Trenudina, Trewiasina, Demetil trewiasina, Treflorina, Dehidrotrewiasina" y "N-Metiltrenudona" aplicados en la dieta a diferentes concentraciones.

Por su parte Reed, *et al.* (1983), hacen referencia de la "Trewiasina" como un compuesto con actividad insecticida en larvas de *Cydia pomonella* y *A. vittatum*.

3.3. Mecanismos de defensa de las plantas contra los insectos

Las plantas han desarrollado un número de diferentes mecanismos de defensa contra los insectos. Una defensa prominente son los filamentos u otras estructuras que cubren la superficie de la planta e impide que se alimenten los insectos. Otro es la acumulación de allomonas (compuestos que la planta utiliza para impedir que coman u ovipositen los insectos, o bien provoca cierto grado de toxicidad), especialmente en las partes críticas de la planta, generalmente estructuras reproductivas. Las semillas inmaduras y su cubierta, son a veces el centro de origen de estos compuestos. El árbol del nogal por ejemplo, es el origen de la rica "Hidrojuglona", glucosa que se encuentra en partes jóvenes y en los alrededores del pericarpio de la semilla (Daglish, 1950, citado

por Paxton, 1981).

Actualmente se conoce un amplio rango de compuestos acumulados en plantas y sirven como allomonas a algunos insectos y kairomonas (atrayentes o estimulantes de alimento) a otros (Norris, 1986). "Glucolida A" un tipo de germacranolida sesquiterpeno lactona encontrado en *Veronica* spp. "Glucolida A" tiene acción antifalmentaria contra algunos lepidópteros.

Otro mecanismo de defensa vegetal, es la síntesis de compuestos que impiden la alimentación de los insectos (inhibidores). Ryan (1978), citado por Paxton (1981), encontró una proteinasa induciendo un factor inhibidor (PIF) en tomates heridos y han sido extensivamente estudiados en el control de insectos. "PIF" se aísla de tomates heridos gracias a la acumulación de 2 proteinasas inhibitoras y estos inhibidores interfieren la digestión en los insectos. Otro compuesto aislado también de tomates heridos "Sefadex G-50" es primeramente un carbohidrato con un amplio espectro.

3.4. Fitoalexinas y su actividad potencial en el control de insectos

Las fitoalexinas de plantas (antibióticos naturales de plantas) (Paxton, 1981), presentan un grandioso potencial de nuevas clases de compuestos activos en varias especies de insectos. Algunas fitoalexinas han demostrado inhibición de la alimentación en insectos.

Muchos factores ambientales como las sequías, calor y heladas, pueden afectar la producción de fitoalexinas decreciendo la resistencia de la planta al ataque de insectos afectando la interacción planta/herbívoro (Kogan, 1977). Estas plantas respondiendo activamente, están sujetas a la defoliación por los herbívoros y por esta razón las fitoalexinas son involucradas (Kogan y Paxton, 1983). Algunos de estos compuestos parecen atraer el arribo de insectos a la planta, como es el caso del escarabajo del pino del Sur *D. frontalis* a *Pinus* sp, en tanto que otros compuestos aparecen a prevenir el ataque (Schoonhoven, 1981).

Químicamente se han caracterizado fitoalexinas de muchas plantas difernetes.

Las fitoalexinas incluyen isoflavonoides, compuestos característicos derivados de las Leguminosas; sesquiterpenoides, compuestos característicos de las Solanaceas; fenantrina, característicos en Orchidaceae y acetilénico, característico en Compositae.

Lyne, *et al.* (1976), citados por Paxton (1981), fueron los primeros en identificar una fitoalexina de soya "Gliceolin" acumulados como una serie de isómeros. Ingham, *et al.* (1981), citados por Paxton (1981), señalan que las plantas frecuentemente producen fitoalexinas relacionadas a una serie de isómeros activos y la soya es un ejemplo práctico.

En el primer trabajo sobre fitoalexinas de plantas con actividad inhibidora de alimentación, el "3R(-)-Vesitol" y "Sativan" encontrados en los extractos de hoja de *Lotus pedunculatus* fueron los mayores inhibidores en larvas de *C. zealandica* (Russell, *et al.*, 1978, citados por Paxton, 1981).

Otros trabajos realizados por Hart, *et al.* (1983), con isómeros extraídos de plantas de soya y frijol aplicados sobre *E. varivestis* y el barrenador de la soya *Pseudeplusia includens*, impide que se alimente la conchuela del frijol, pero no así el de la soya.

Por su parte Kogan y Paxton (1983), purificaron "Gliceolin" y lo aplicaron en hojas de frijol común *Phaseolus vulgaris* en proporciones de 0.22, 1.1, 2.2, 11 y 22 ug/mg de peso seco de tejidos de hoja. Estos tejidos fueron sujetos a experimentos como alimento de gusanos del Sur de la raíz de maíz *Diabrotica undecimpunctata*, el escarabajo del frijol *E. varivestis* y el escarabajo de la hoja del frijol *Ceratomya trifurcata*. De sus resultados concluyen que "Gliceolin" fué menos consumido por el gusano de la raíz. En tanto que el escarabajo de las hojas del frijol comía libremente al igual que a altas concentraciones de "Gliceolin" (22 ug/mg).

3.5. Susceptibilidad de cogollero a extractos vegetales

Las plantas ocupan un lugar fundamental en la historia de la humanidad, ya que son la base de la pirámide alimenticia y representan para el hombre no sólo alimento, si no también vestido, utensilios, medicina, vivienda, colorantes, etc.

Entre los aspectos menos conocidos de las plantas, está su utilización como

insecticida. Los productos naturales derivados de plantas, proporcionan una vasta fuente de sustancias bioactivas que se han utilizado a través del tiempo como insecticidas en forma de polvos, cenizas o extractos. Estas sustancias tienen actividad como repelentes, antialimentarios o insecticidas y en algunos casos modifica los hábitos de comportamiento sexual, agregación, etc.

Durante los últimos 25 años, ha sido de gran actividad dirigida al trabajo químico en la extracción e identificación de un extenso orden de productos naturales biológicamente activos que afectan el modo de conducta, desarrollo y/o reproducción en ciertos insectos nocivos.

Los atrayentes de alimento, repelentes, estimulantes de antialimentación, antialimentarios, estimulantes y determinantes para la oviposición, tóxicos y otros factores nutricionales, son ejemplos de compuestos alleloquímicos. Estos compuestos usualmente son constituyentes secundarios de las plantas. Los compuestos alleloquímicos que confieren a la planta huésped una ventaja adaptativa son llamados "allomonas" y a los factores que confieren al insecto una ventaja adaptativa son llamados "kairemonas" (Wallace y Mansell, 1976; Hedin, 1977; Rosenthal y Janzen, 1979; Green, 1986; Morgan y Mandava, 1987; Cutler, 1988).

Kubo y Colaboradores (1981), indican que *Aguja remota* (Labiatae), actúa como un insecticida de contacto e inhibe el crecimiento de estados inmaduros de gusano cogollero. Por otro lado Martínez (1983), evaluó en laboratorio 79 especies de plantas en forma de extractos acuosos, y después de 3 ciclos de selección, 4 especies resultaron promisorias por la disminución de peso sobre larvas del gusano cogollero y estas son: *Smilax aristolochiaefolia*, *Smilax moranense* (Smilacaceae); *Swietenia humilis* (Meliaceae) e *Hippocratea sp* (Hippocrateaceae).

Otras pruebas realizadas por Ayala en invernaderos (1985), indican que las especies: *Trichilia americana*, *Lopezia hirsuta* (Oragraceae) y *Ricinus communis* disminuyeron el daño de larvas de *S. frugiperda* en infestaciones hechas sobre plantas de maíz.

Villar (1988), realizó un experimento de campo en San Luis Potosí, sobre la

aplicación de extractos acuosos contra gusano cogollero. De sus resultados concluye que los extractos de *Trichilia havanensis* y *T. americana* al 10%, proporcionaron buena protección al maíz y menciona que el rendimiento de grano se incrementó significativamente en comparación con el testigo.

Machado y Rodríguez (1991), indican que el macerado del tallo sin corteza de la "Cancerina" *Hippocratea excelsa* mostró un 51.21% de mortalidad en gusano cogollero. En este caso, por vez primera, la otra especie de *Hippocratea celastroides* figuró con 40.61% de mortalidad causado por la infusión de corteza de tallo, corteza de raíz (infusión y macerado) y la infusión de semilla, todos de la especie *H. excelsa*, que muestran desde 22.73% a 35.52% de mortalidad.

En cuanto al efecto de la "Cancerina" respecto al peso de larvas, estos autores comprobaron que hay estructuras que provocan una marcada reducción de peso en estas larvas de primer a tercer instar. Infusión y macerado de corteza de raíz de *H. excelsa* provocan 0.66% y 0.75% de peso en relación al testigo. Los demás tratamientos que mostraron una disminución del peso igual o menor al 50% fueron prácticamente todos los tratamientos de *H. excelsa*, desde 1.54% hasta 44.57%.

Zarate y Colaboradores (1991), concluyen que 2 aplicaciones por semana de *Cordia boissieri* en infusión por un período de 20 días, resulta efectivo en el control del gusano cogollero. Así mismo señalan que aplicado en forma de extracto resultó superior a los tratamientos con insecticidas (aplicados a los 39 días de nacida la planta).

3.6. Susceptibilidad de cogollero a reguladores de crecimiento derivados de las Difenilureas

Los insecticidas Reguladores del Crecimiento de los Insectos (RCI) o Benzofenil Ureas, son relativamente una nueva clase de insecticidas desarrollados. Estos son totalmente diferentes a los insecticidas convencionales, ya que no producen mortalidad instantánea en los insectos.

Lozoja y Quiñones (1987), señalan que los RCI causan alta mortalidad, principalmente en los estados inmaduros de los insectos, debido al desarrollo de inhibición en algunos puntos críticos del ciclo vital, tales como; la muda entre larvas o ninfas (larva-larva o ninfa-ninfa), o en la transformación a pupa; de esta manera los procesos no son completados normalmente y el insecto muere. Además, generalmente los adultos que sobreviven producen huevecillos infértiles o inhiben su eclosión después de la ingestión de algún RCI.

Químicamente, la mayoría de los RCI son derivados de la fenilurea benzilada, sintetizada en 1903 por Billeter sin propiedades insecticidas (Felden, 1985).

No fue sino hasta 1975, cuando Sirenberg, químico de la compañía Bayer AG de Alemania, sintetizó un compuesto también derivado de la Urea, análogo del diflubenzuron que primero se ensayó bajo el código de BAY SIR 8514 o "Triflumuron".

Hammann y Sirenberg (1985), señalan que los estados larvales más jóvenes de *Heliothis sp* presentan una mayor susceptibilidad que los estadios tardíos, lo que en otras especies como por ejemplo; *S. frugiperda* (J.E. Smith), no se observaron estas diferencias, teniendo un 100% de mortalidad en los 6 estadios larvales a los 7 días.

Otras observaciones importantes son; que las larvas que han ingerido el compuesto al inicio del estado larval son más susceptibles y no sobreviven a la muda siguiente; en cambio, las larvas que han ingerido el compuesto poco antes de la ecdisis, no mueren en esa muda sino hasta la siguiente o aún más tarde (Hammann y Sirenberg, 1980).

La influencia de la exposición de adultos de *S. frugiperda* a "Triflumuron" sobre la oviposición, se demostró en ensayos de laboratorio por ingestión, donde se alimentaron machos y hembras con soluciones azucaradas más varias concentraciones de "Triflumuron" durante 3 días. Los resultados obtenidos fueron los siguientes; un 56.5% de eclosión en el testigo, 0.5% de eclosión a 0.01% de ingrediente activo, un 7.5% de eclosión con 1.0% de ingrediente activo. Con esto la oviposición y la eclosión se reducen por la acción del RCI. Sin embargo, al cambiar a una alimentación no tratada, la oviposición y la eclosión se vuelven normales, es decir, resulta reversible el efecto

(Hammann y Sirrenberg, 1960).

Así mismo indican que los efectos directos sobre la oviposición, se demostraron al aplicar "Triflumuron" a diferentes formulaciones y concentraciones directamente a los huevecillos del gusano cogollero de diversas edades (de 1 a 4 días). Las formulaciones probadas fueron BAY SIR en solución acuosa, en emulsión y en polvo humectable a concentraciones de 0.1, 0.002 y 0.004% de ingrediente activo; observándose que a mayor concentración, mayor porcentaje de inhibición entre el contenido de solventes orgánicos en las formulaciones y la edad de los huevecillos.

3.7. Control químico del gusano cogollero

El hombre ha utilizado los insecticidas sintéticos desde el siglo pasado y los sigue utilizando debido al éxito que ha obtenido de ellos. Sus resultados son inmediatos, efectivos, prácticos, con amplio espectro de aplicación y su costo es bajo y aporta beneficios que le ofrece al hombre al disminuir poblaciones de plagas en los cultivos y aumentar la producción.

La literatura sobre control químico de cogollero es muy extensa. Resultados y reportes recientes en México se encuentran en Lagunes (1988), Ayala (1990), Huerta (1991) y Pacheco (1992). En ellos se consignan algunos nuevos insecticidas que se utilizan para su control. Una cuenta de otros insecticidas usados con anterioridad se pueden encontrar en Osorio (1949), Padilla (1969) y Bórquez (1978).

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Ubicación y condiciones de los experimentos

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones del "Laboratorio Bosque la Primavera", localizado en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Guadalajara, en el predio Las Agujas, Zapopan, Jal.

Las condiciones del laboratorio para la cría y reproducción del gusano cogollero *S. frugiperda* (J.E. Smith) y todo el desarrollo experimental, permanecieron constantes. Teniendo una temperatura de $26 \pm 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de aproximadamente $70 \pm 10\%$.

4.2. Colecta de las poblaciones

Con las colectas de las poblaciones de *S. frugiperda*, se formó una cepa sintética con especímenes de 5 orígenes distintos.

Las colectas se realizaron sobre cultivos de maíz en los meses de mayor incidencia de la plaga, durante los meses de Junio a Agosto de 1992 en los municipios de Atlán de Navarro, El Grullo, Nextipac, Sayula y Zapotlán del Rey, Jal. Todas las poblaciones se colectaron en estado larvario (generalmente entre el tercer y el quinto instar).

4.3. Cría masiva

Los estudios sobre cría de insectos en laboratorio son bastante antiguos, pero recientemente se han desarrollado nuevas técnicas de cría, a base de materiales que no son los que el insecto consume en forma natural. A estos materiales que representan un sustituto del alimento natural se les llama "dietas artificiales" y al incremento en gran escala mediante su uso se les ha denominado "cría masiva artificial" (Vázquez, 1975).

La dieta artificial empleada para la cría masiva de la población (cuadro 8), es la misma utilizada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) para la cría del gusano cogollero *S. frugiperda* J.E. Smith y el barrenador del tallo del maíz *Diatraea saccharalis* (Senmache, 1974; Vázquez, 1975). Esta dieta presenta la ventaja de que sus ingredientes se pueden obtener con relativa facilidad en el mercado nacional (Apéndice).

La dieta ya preparada se distribuyó en 2 partes; una parte se colocó en charolas de plástico de las siguientes dimensiones (23.5 cm X 30 cm de largo y una altura de 5 cm) para esperar la eclosión de las pequeñas larvitas una vez que se han depositado los huevecillos. La otra parte de la dieta se colocó en vasitos de las siguientes dimensiones (3.8 cm de altura, un diámetro inferior interno de 2.8 cm y superior 4.1 cm). En cada vasito se depositó aproximadamente 8 grs. de dieta junto con una larva de tercer instar, se colocó una larva en cada vasito para evitar los problemas de canibalismo. Posteriormente, se cubrieron con tapas de cartón delgado apropiados para taponear a presión los vasitos, se colocaron en conos de cartón utilizados comúnmente para el empaque de huevo, se acomodaron en posición invertida con el objeto de mantener limpia la dieta de excrementos.

Estos vasitos se introdujeron en la cámara de cría con temperatura y humedad controlada. Las larvas permanecieron en la dieta hasta la pupación, estas pupas se colectaron y se colocaron en recipientes de dimensiones más amplias (4.7 cm de altura, diámetro inferior interno de 5.2 cm y superior 7.7 cm) para esperar la emergencia del adulto.

Una vez que emergieron los adultos se colocaron 10 machos y 10 hembras en bolsas de papel encerado, generalmente de las siguientes dimensiones (26.5 cm de altura y 10.5 cm de ancho), además con un recipiente de 30 ml de capacidad con un algodón sobresaturado de una solución azucarada al 10%.

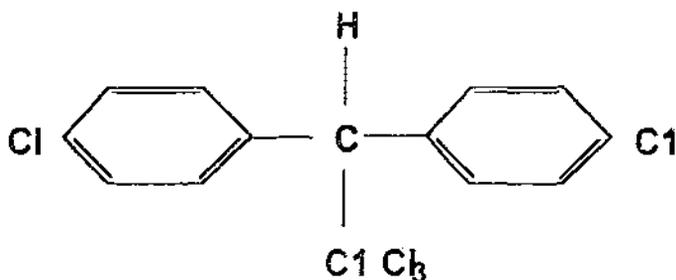
A partir del tercer día de apareamiento, se colectaron las masas de huevecillos ovipositados generalmente en las paredes de la bolsa de papel. Los huevecillos colectados se colocaron en charolas con dieta artificial de dimensiones anteriormente señaladas, se introdujeron en la cámara de cría para su incubación y eclosión.

De las larvas que se obtuvieron en la primera generación, una parte se utilizó para las pruebas toxicológicas (tercer instar) y la otra parte del material biológico se siguió alimentando para reproducirlo y utilizarlo en pruebas toxicológicas posteriores.

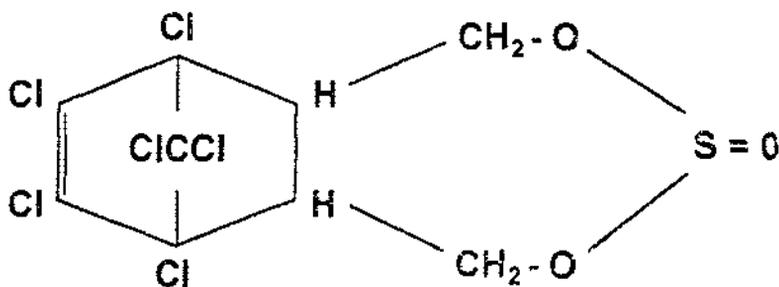
4.4. Insecticidas empleados

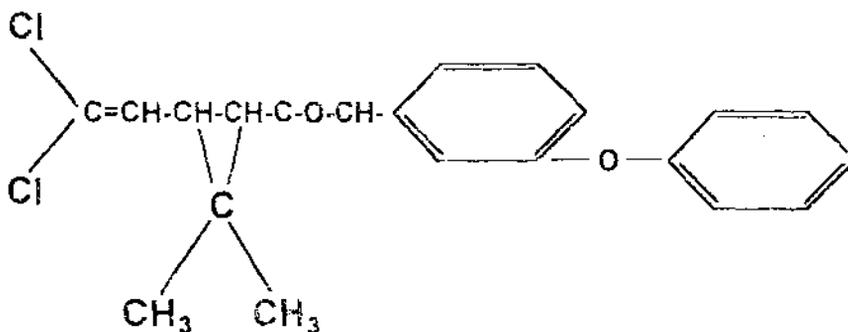
Todo el material técnico fué proporcionado por el "Laboratorio Bosque la Primavera". Se utilizaron insecticidas representantes del grupo de los organoclorados (DDT, endosulfan), piretroides (cypermetrina, cyhalotrina), reguladores del crecimiento (diflubenzuron) y 2 insecticidas de origen botánico con actividad reguladora de crecimiento, repelente y/o antialimentaria (extractos de 2 Meliáceas). De acuerdo con su composición química, cada uno de estos compuestos tiene diferente mecanismo de detoxificación en los insectos.

4.5 NOMBRE COMUN Y ESTRUCTURA QUIMICA DE LOS INSECTICIDAS SINTETICOS

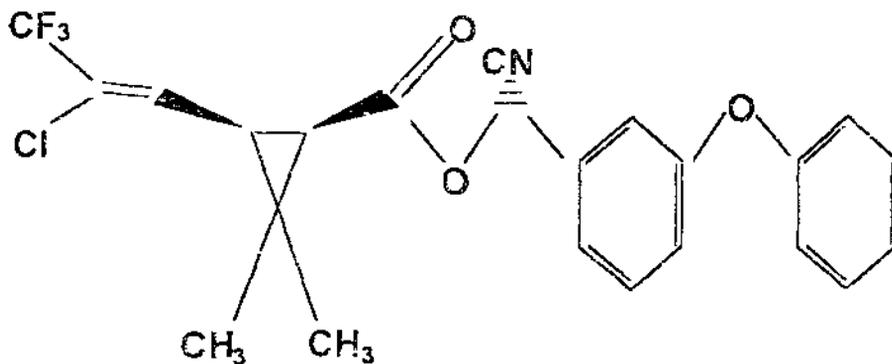


DDT-1,1,1, TRICLORO-2,2-BIS (P-CLOROFENIL) ETANO

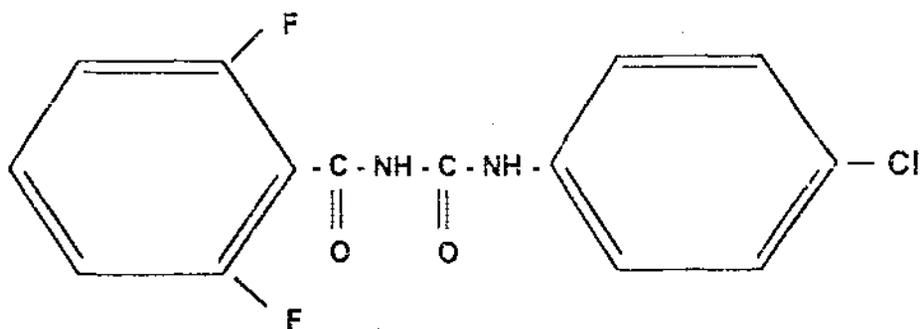
ENDOSULFAN-6,7,8,9,10, 10-HEXALCORO-1,5,5a,6,9,9a
HEXAHIDRO-6,9-METANO-2,4,3 -BENZODIOXATEP;N-3-OXIDO



CYPERMETRINA- α -CIANO-3- FENOXIBENZIL (+) CIS,TRANS,
3-(2,2-DICLORO VINIL)-2,2-DIMETIL CICLOPROPANO CARBOXILATO



LAMBDA-CYHALOTRINA- α -CIANO-3- FENOXIBENZIL,
3-(2-CLORO-3,3,3-TRIFLUORURO PRCP-1-ENIL)-2,2-DIMETIL
CICLOPROPANO CARBOXILATO



DIFLUBENZURON -1-(4-CLOROFENIL) 3-(2,6-DIFLUOROBENZOIL) UREA

4.6. Preparación del extracto de *M. azedarach*

Una forma sencilla para obtener el ingrediente activo de los vegetales, es a base de molindas utilizando algún solvente. Para aislar los compuestos solubles de las semillas del fruto de *M. azedarach*, se utilizó etanol como solvente.

El procedimiento se inició con la colecta del fruto del árbol del paraíso, posteriormente se despojó de la pulpa y, la semilla limpia, se procedió a su macerado. En este caso se utilizaron 10 grs. de semilla y cierta cantidad conocida de etanol. Una vez macerada por medio de un mortero y extraídos los compuestos solubles de la semilla, se filtró utilizando un embudo Buchner y papel filtro No. 4, y por medio de una bomba de succión al vacío se obtuvo el total de compuestos solubles, para posteriormente aforar a 40 ml con etanol y así obtener una solución a 250,000 ppm. A partir de esta solución madre se realizaron diluciones a concentraciones que variaron desde las 250,000 ppm hasta 0.25 ppm.

4.7. Método de exposición al tóxico

De todos los métodos descritos por Reynolds (1960-1962), se pensó en alguno que fuera sensible y poder cuantificar la mortalidad ocasionada por las pequeñas dosis de insecticidas empleadas, y que fuera práctico para emplearse en lugares sin las facilidades de un laboratorio. Por estas razones se escogió el método de "película residual" (Hoskins y Messenger, 1950). Este método consiste en la exposición de la larva a una película de insecticida, el cual ha sido aplicado en la superficie interior de cada vasito.

Los vasitos para las pruebas se preparaban colocando en cada vasito por medio de una pipeta, 1 ml de acetona o etanol (insecticidas botánicos) conteniendo una cantidad conocida de insecticida y rodando manualmente los vasitos sobre sus lados hasta la evaporación total de la acetona o el alcohol. Las dosis empleadas variaron desde 0.00025 ppm/vasito/larva hasta 25 ppm/vasito/larva, en cada prueba se incluyeron por lo menos 4 dosis y hubo casos en que fueron necesarias hasta 9 dosis para obtener la información requerida. Para cada dosis se utilizaron 10 repeticiones y se incluyó un testigo por repetición.

En cada vasito tratado se colocó una porción de alimento y una larva de 29-180 mg de peso (entre tercer y cuarto instar). Los vasitos se cubrieron con tela (tricott) después de introducir la larva. Se realizaron lecturas de mortalidad diariamente durante 3 días (insecticidas sintéticos), para el caso de los reguladores de crecimiento y extractos de origen botánico, se siguió el desarrollo hasta adulto para observar los cambios morfológicos en los estados inmaduros. Los resultados finales se basaron en el porcentaje de larvas muertas durante 72 horas (insecticidas sintéticos), y para el caso de los reguladores de crecimiento y los extractos de *M. azadirach* y azadiractin, se basaron en la mortalidad total acumulada en larvas, pupas y adultos muertos y/o deformes.

Para cada dosis de insecticida se utilizaron 10 larvas, por lo que el número de larvas para determinar la CL₅₀ de cada insecticida varió entre 40 y 90, según el número de dosis en cada caso, sumando un total de 300 a 600 larvas. En cada población de *Spodoptera* tratada con distinto insecticida se incluyó un testigo para corregir la mortalidad de acuerdo con la fórmula de Abbott (1925).

$$MC = \frac{X - Y}{100 - Y}$$

Donde:

MC = Mortalidad corregida

X = Porcentaje de mortalidad observada en un tratamiento

Y = Porcentaje de mortalidad del testigo

4.8. Procesamiento estadístico de la información

Shepard (1951), explicó que los valores probit son unidades de probabilidad arreglados en una escala del 1 al 10, de modo que el número 5 representa el 50% de respuesta al estímulo analizado.

Metcalf (1958), señala que los datos sobre acción letal en bioensayos se deben analizar por medio de la gráfica de dosis-respuesta, y que en experimentos toxicológicos donde exista una mortalidad apreciable debido a causas ajenas a la acción del tóxico, la cual corresponde a la mortalidad del testigo, se deben corregir las mortalidades obtenidas por medio de la fórmula de Abbott (1925).

Los valores de CL_{50} y las líneas log-probit sirvieron para comparar la susceptibilidad de las larvas a los distintos productos utilizados.

BIBLIOTECA NACIONAL DE LA REPUBLICA ARGENTINA

V. RESULTADOS Y DISCUSION

La figura 1, muestra el espectro de susceptibilidad a todos los productos probados. Las líneas log-dosis-probit nos muestran que las larvas de *S. frugiperda* fueron más susceptibles a la cyhalotrina y el diflubenzuron.

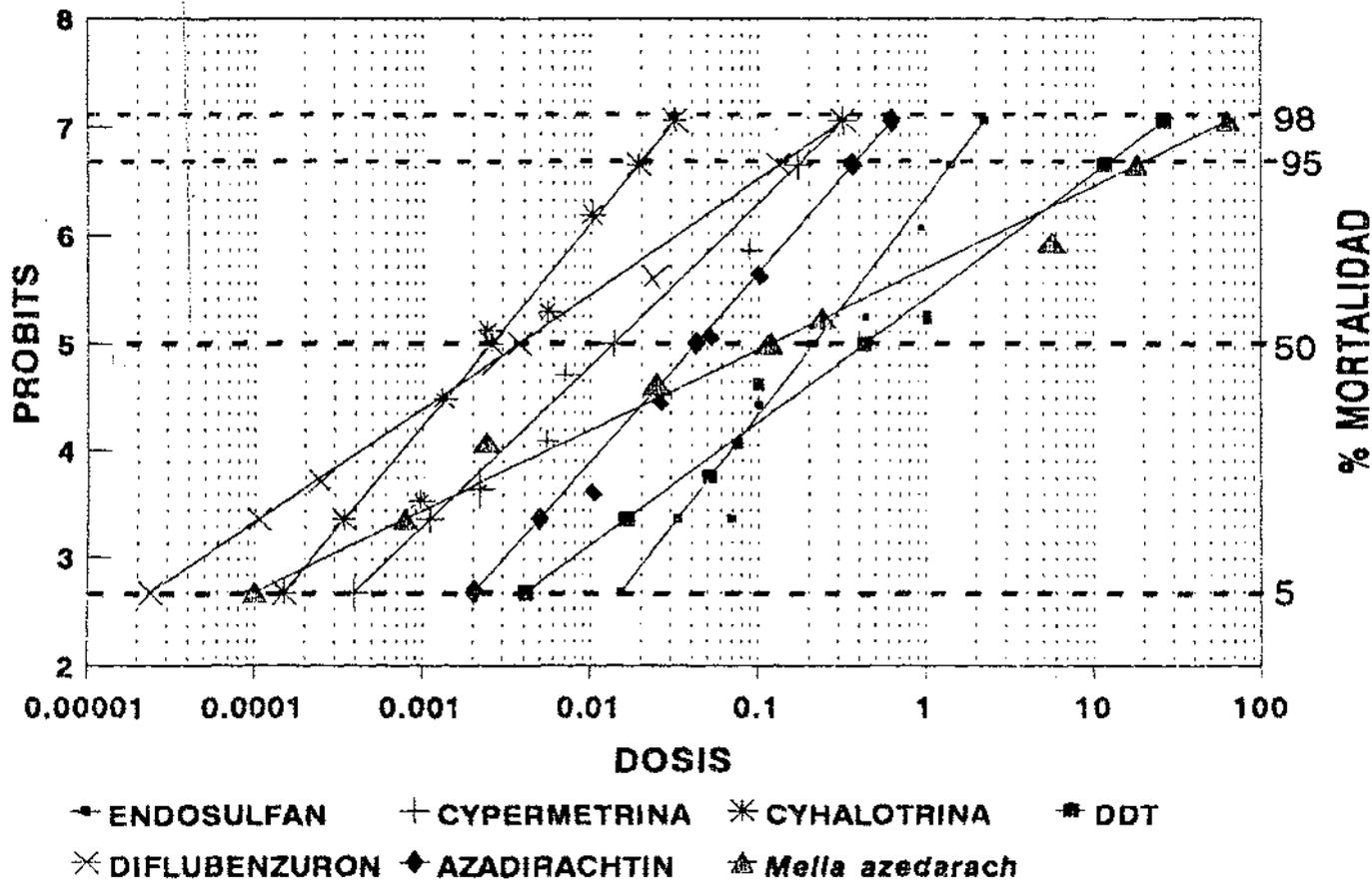
El cuadro 1, muestra la CL₅₀ para cada uno de los insecticidas, en donde se observa el traslape de sus límites fiduciales, por lo que estadísticamente estos dos productos son iguales entre sí al nivel de 95% de confiabilidad. También nos muestran un grupo conformado por cypermetrina, azadiractin y *M. azedarach*, que estadísticamente son iguales entre sí, pero diferentes en términos de susceptibilidad a los dos anteriores (cyhalotrina y diflubenzuron). Por último, podemos considerar que las larvas de cogollero fueron menos susceptibles al endosulfán y al DDT, ya que exhibieron CL₅₀ muy superiores a todos los otros activos probados.

Se debe resaltar la susceptibilidad a el extracto de *M. azedarach*, porque no siendo un producto comercialmente desarrollado muestra una actividad insecticida comparable en primer término a azadiractin, insecticida registrado derivado del árbol del neem, y en un segundo término, superior o similar en actividad a insecticidas sintéticos de uso común.

El cuadro 2, muestra la toxicidad relativa con énfasis al extracto de *M. azedarach* y azadiractin. Se puede concluir que *M. azedarach* es tan solo 8.6 veces menos activo que cypermetrina y 2.7 veces menos activo que azadiractin, pero 1.8 veces más activo que endosulfán y 3.6 veces más activo que el DDT.

Los cuadros 3 y 4, muestran la mortalidad de las larvas a los productos sintéticos, donde se observa su actividad tóxica en los primeros días después de la aplicación. Existe gran diferencia de estos productos con la actividad observada por el diflubenzuron y los extractos vegetales ya que estos presentan diferente mecanismo de acción, y no mostraron una toxicidad instantánea. Su actividad se observa al momento de la ecdisis larva-larva o el cambio a el estado pupal (cuadro 5, 6 y 7).

Fig.1.- Espectro de susceptibilidad de larvas de *S. frugiperda* (J.E. Smith) a 5 insecticidas y a 2 extractos vegetales. LBLP. U de G. , Jalisco, Méx. 1993



Cuadro 1. Valores de CL₅₀ con sus respectivos límites fiduciales y ecuaciones de regresión para 7 insecticidas en *S. frugiperda* (J.E. Smith). Lab. Bosque la Primavera. U de G., Jalisco, Méx., 1993.

Insecticida	CL ₅₀ (ppm)	Ecuación de regresión
Cyhalotrina	.0025 (.0022-.0029) a	$y = 9.86 + 1.8x$
Dflubenzuron	.0037 (.0026-.0052) a	$y = 7.57 + 1.0x$
Cypermctrina	.0138 (.0112-.0774) b	$y = 7.79 + 1.5x$
Azadiractin	.0425 (.0358-.0506) b	$y = 7.41 + 1.7x$
<i>M. azedarach</i>	.1187 (.0764-.1780) b	$y = 5.18 + 0.7x$
Endosulfan	.2140 (.1875-.2462) c	$y = 6.35 + 2.02x$
DDT	.4347 (.3242-.6459) d	$y = 5.41 + 1.1x$

Cuadro 2. Matriz de toxicidad relativa de 7 productos a larvas de *S. frugiperda* (J.E. Smith). Lab. Bosque la Primavera. U de G. Jalisco, Méx., 1993.

	Cyhal.	Diflub.	Cyperm.	Azad.	<i>M. azed.</i>	End.	DDT
Cyhal.	—	.67	.18	.06	.02	.01	.006
Diflub.	1.5	—	.26	.08	.03	.02	.008
Cyperm.	5.5	3.7	—	.3	.1	.06	.03
Azad.	17.0	11.5	3.1	—	.3	.2	.09
<i>M. azed.</i>	47.4	32.1	8.6	2.7	—	1.8	3.6
End.	85.6	57.8	15.5	5.0	1.8	—	.52
DDT	173.9	117.5	31.5	10.2	3.7	2.8	—

Cuadro 3. Mortalidad en larvas de *S. frugiperda* (J.E. Smith) a 2 productos piretroides. Lab. Bosque la Primavera. U. de G. Jalisco, Méx., 1993.

Cypermctrina		Días				Cyhalotrina		Días			
Dosis (ppm)	1	2	3	4	Dosis (ppm)	1	2	3	4		
.00094		L			.00096		L		L		
.00235		2L			.0012		2L	2L			
.0047		2L	L		.0024		3L	3L			
.00705		3L	2L		.0048		7L				
.094		3L	6L		.0096		6L	3L			
.94		10L			.096		9L	L			

L = Mortalidad en larvas

Cuadro 4. Mortalidad en larvas de *S. frugiperda* (J.E. Smith) a 2 productos organoclorados. Lab. Bosque la Primavera. U. de G. Jalisco, Méx., 1993.

Endosulfan	Días				DDT	Días			
Dosis (ppm)	1	2	3	4	Dosis (ppm)	1	2	3	4
.042	L				.050	L			
.068	L	L			.075		2L		
.084			3L	L	.10	2L	2L		
.021		L	4L	L	1.0	2L	4L		
.42	3L	L	3L						
.84	7L		L	L					

L = Mortalidad en larvas

En el cuadro 5, se muestra la actividad insecticida de el extracto de *M. azedarach*, donde se observa la mortalidad de las larvas en forma inmediata (dos días después) originada por la actividad de uno o varias de sus entidades tóxicas presentes en el extracto. Hacia los 9-12 días se observa un efecto sobre la pupación, debido quizá a un efecto sobre la metamorfosis. Este resultado nos sugiere la presencia de más de un compuesto activo en el extracto.

Cabe resaltar que el efecto observado del extracto de *M. azedarach* es similar al reportado con azadirachtina sobre todo en la ecdisis pupa-adulto (Redfern, *et al.*, 1981), citados por (Cox, 1981). Hacia los 22 días es observable la emergencia de adultos deformes probablemente originada por la acción de algún compuesto presente similar al azadiractin.

En el cuadro 6, se aprecia la respuesta de *S. frugiperda* a diflubenzuron. A dosis bajas es más observable la actividad del insecticida como regulador de crecimiento. Hacia los 12 días se observa un efecto sobre la pupación por su actividad conocida sobre la quitinasa (Saxena, *et al.*, 1981). Mientras tanto a dosis más elevadas la actividad se refleja en forma inmediata, por su probable inhibición de quitinasa en la muda larva-larva.

En el caso de azadiractin, se observa una marcada actividad insecticida como regulador de crecimiento (cuadro 7). Al igual que diflubenzuron, es más observable la acción reguladora a bajas dosis. Hacia los 13 días se aprecia un efecto sobre la pupación, originada por la actividad conocida y señalada en los productos anteriores.

Cabe resaltar la similitud de diflubenzuron y azadiractin en lo referente a su acción tóxica y reguladora de crecimiento. A bajas dosis es más observable su actividad insecticida como reguladores de crecimiento. Mientras tanto a dosis más elevadas la actividad insecticida se refleja en forma más inmediata.

No es similar la actividad de diflubenzuron, azadiractin y *M. azedarach* sobre la pupación. Hacia los 12 días es observable la regulación de crecimiento de diflubenzuron y azadiractin en la ecdisis larva-pupa. En un período similar, *M. azedarach* actúa originando mortalidad en pupas antes de la emergencia del adulto. Este resultado nos

Cuadro 5. Mortalidad en larvas de *S. frugiperda* (J.E. Smith) a *M. azedarach*. Lab. Bosque la Primavera. U. de G. Jalisco, Méx., 1993.

Extracto de <i>M. azedarach</i> Dosis (ppm)	Días													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	24
.0025		L	L											
.025								L	PM	L	L			
.125				2L	L	2L								
.25				2L	L	2L	L					PM		
2.5				2L	L			3L						L
25.0				2L	3L	L	L		2L	L				
250.0				2L		L				PM	2PM			2AM

L = Mortalidad en larvas

PM = Mortalidad en pupas

AM = Mortalidad en adultos (adultos deformes)

Cuadro 6. Mortalidad en larvas de *S. frugiperda* (J.E. Smith) a diflubenzuron. Lab. Bosque la Primavera. U. de G. Jalisco, Méx., 1993.

Diflubenzuron Dosis (ppm)	Días													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
.00025								L				PD		
.0025								L	L			L+PD	L	
.025			2L	L		L	2L					L		L
.25			3L	L	L			3L	2L					

L = Mortalidad en larvas

PD = Mortalidad en pupas (pupas deformes)

Cuadro 7. Mortalidad en larvas de *S. frugiperda* (J.E. Smith) a azadiractin.
Lab. Bosque la Primavera. U. de G. Jalisco, Méx., 1993.

Azadiractin Dosis (ppm)	Días											
	5	7	8	10	12	13	15	16	17	18	20	26
.01						PD	L					
.025						L	L		L	L		
.050					L	2L	L	L		L		
.10		L	2L			L	L		L		L	PD
1.0				3L	5L	2L						

L = Mortalidad en larvas

PD = Mortalidad en pupas (pupas deformes)

cyhalotrina y diflubenzuron, sin embargo, el azadiractin y el extracto de *M. azedarach* son comparables en toxicidad a la cypermetrina y más tóxicos que endosulfan y DDT.

VI. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se establecen las siguientes conclusiones:

1.- Las larvas del gusano cogollero son más susceptibles a los insecticidas sugiere que el extracto de *M. azedarach* contiene compuestos activos con un distinto modo de acción.

2.- El efecto observado sobre el desarrollo de las larvas y pupas es similar al observado con el azadiractín. Este resultado permite suponer la presencia en el extracto de compuestos similares al azadiractín en potencia insecticida y en acción sobre la metamorfosis, lo cual parece lógico por proceder de vegetales muy relacionados.

3.- El extracto de *M. azedarach* muestra actividad global insecticida comparable con varios productos sintéticos comerciales, y al azadiractín. Es tan solo 8.6 veces menos activo que cypermetrina y 2.7 veces menos activo que azadiractín. Estos resultados determinan un buen potencial del extracto para el control del insecto.

4. La información proporcionada en este trabajo, constituye la línea base para trabajos posteriores sobre actividad insecticida, reguladora de crecimiento y antialimentaria para el control de cogollero del maíz a partir de semillas de *M. azedarach*.

VII. LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.
- Allen, T.C., K.P. Link, M. Ikawa y L.K. Brunn. 1945. the relative effectiveness of the principal alkaloids of Sabadilla seed. J. Econ. Entomol. 293 p.
- Amonkar, S.V. and A. Banerji. 1971. Isolation and characterization of larvicidal principle of garlic. Science. 174:1,343.
- Anónimo. 1976. Corn and grain sorghum performance test. University of Georgia Research. Report 238. College of Agriculture. Univ. of Ga. Athens. 192 p.
- Anónimo. 1979. Control de las principales plagas en la zona media del Estado de San Luis Potosí. Dirección General de Producción y Extensión Agrícola. S.A.R.H. México. p. 92.
- Anónimo. 1983. Neem in Agriculture: I chemistry of neem bitter principles. Indian Agricultural Research Institute. Research Bolletín 40. 15 p.
- App, B.A. 1941. A report of some investigations on the corn insects of Puerto Rico. Jour. Agr. Univ. Puerto Rico. 25(4):21-31.
- Ayala, O.J.L. 1985. Evaluación de sustancias vegetales contra el gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis de Maestro en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p. 65.
- _____. 1990. Plagas agrícolas. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Méx. 356:254-256.

- Baumann, S. 1985. Wirkung von meliaceeninhaltigen Stoffen auf die Entwicklung von *Spodoptera littoralis* und *Epilachna varivestis*. Wissenschaftliche Arbeit, Univ. of Hohenheim, FRG. 97 p.
- Becker, G. 1965. Experiments on the influence of coniferous heartwood extractives and analogous compounds on the egg larvae of the longhorn beetle, *Holzforschung*. 17. 19 p.
- Berenbaum, M. 1978. Toxicity of furanocoumarin to armyworms, a case of biosynthetic escape from insect herbivores. *Science*. 201:582.
- Bissell, T.L. 1944. Armyworms in Georgia. *Jour. Econ. Entomol.* 34:341-347.
- Bórquez, C.M.J. 1978. Evaluación de pérdidas en maíz por gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) y de diferentes insecticidas para su control en los Belenes, Zapopan, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía de la U. de G. 66 p.
- Bottger, G.T., E.T. Sheehan and M.J. Lukefahr. 1964. Relation of gossypol content of cotton plants to insect resistance. *J. Econ. Entomol.* 58:509.
- Brown, A.W.A. 1963. Insect resistance, I. Nature and prevalence of resistance. *Farm chemical* 126 (10): 22-28.
- Brown, S.A. 1971. Coumarins. In "The Biochemistry of Plants: A Comprehensive Treatise". Vol. 7. Conn, E.E. and Stumpf, P.K. Eds., Academic Press. New York. 269 p.
- Burkhardt, C.C. 1952. Feeding and pupating habits of the fall armyworm in corn. *Jour. Econ. Entomol.* 45: 1033-1037.
- Byers, R.A., D.L. Gastine and B.G. Moyer. 1977. Toxicity of Beta-nitropropionic acid to *Trichoplusia ni*, *Environ. Entomol.* 6:229.

- Carroll, J.F., N.O. Morgan and J.D. Weber. 1980. Bioassay of three isothiocyanates as fumigants against larvae of the Caribbean fruit fly and the apple maggot. J. Econ. Entomol. 73:321.
- Carrillo, R.H. 1984. Análisis de acción conjunta de insecticidas en larvas de gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera Noctuidae). Tesis de Maestro en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. C.P. Chapingo. Méx. 92 p.
- Chang, S.C. and C.W. Kearns. 1962. Effects of sesamex on toxicities of individual pyrethrins. J. Econ. Entomol. 55:919.
- Chittenden, F.H. 1901. The fall armyworm and variegated cutworm. USDA, Div. Entomol. Bull. 29:64.
- Cox, A. 1981. Neem-pesticide potential. International Pest Control 68(70):78.
- Coyne, J.F. and L.H. Lott. 1976. Toxicity of substances in pine oleoresin to southern pine beetles. J. Ga. Entomol. Soc. 11:301.
- Cremlyn, R. J. 1982. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Ed. Limusa. Primera edición. México. p. 63-65.
- Crombie, L. 1952. Amides of vegetable origin, I. Stereoisomeric N-isobutyl undeca-1:7-diene-1- carboxamides and the structure of herculin. J. Chem. Soc. 2:997.
- _____. and J.L. Taylor. 1957. Amides of vegetable origin, VIII. The constitution and configuration of the sanshools. J. Chem. Soc. 2:760.
- _____. D.E. Games, N.J. Hoskins and G.F. Reed. 1972. Extractives of *Mammea americana* L., V. The insecticidal compounds. J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1(2):255.

- Crosby, D.G. 1971. Minor insecticides of plant origin. in Naturally Occurring Insecticides. Jacobson, M. and Crosby, D.G. Eds., Marcel Dekker. New York. 177 p.
- Cutler, H.G. 1988. Biologically Active Natural Products: Potencial Uses in Agriculture; ACS Symposium Series No. 380; American Chemical Society: Washington, D.C. 483 p.
- Dahlman, D.L., F. Herald and F.W. Knapp. 1980. L-Canavan. effects on growth and development of four species of Muscidae. J. Econ. Entomol. 72:678.
- Dew, J.A. 1913. Fall armyworm. Jour. Econ. Entomol. 6: 361-366.
- Doporto, D.L. and D. Enkerlin. 1964. La biología del gusano cogollero *Laphygma frugiperda* (S. y A.) bajo condiciones de laboratorio. Folia Entomológica Mexicana No. 7-8:45-46.
- Etcheverry, C.M. 1953. Identificaciones lepidopterológ. Rev. Chilena Entomol. 3:126-137.
- Felden, O. 1985. Inhibidores de la Quitina. Curso de orientación para el buen uso y manejo de plaguicidas. AMIPFAC. p. 169-174.
- Fowden, L. 1981. Nonprotein amino acids. In "The Biochemistry of Plants: A comprehensive Treatise". Vol. 7. Stumpf, P.K. and Conn, E.E., Eds., Academic Press. New York. 180 p.
- Freedman, B., D.K. Reed, R.G. Powell, R.V. Madrigal and C.R. Smith. 1982. Biological activities of *Trewia nudiflora* extracts against certain economically important insect pest. J. Chem. Ecol. 8:409.
- Godin, P.J., J.H. Stevenson and R.M. Sawicki. 1965. The insecticidal activity of Jasminol II and its isolation from pyrethrum (*Chrysanthemum cinerariifolium*), J. Econ. Entomol. 58:548.

- Green, M.B. and P.A. Hedin. 1986. Natural Resistance to Pest: Roles of Allelochemicals; ACS Symposium Series No. 296; American Chemical Society: Washington, D.C. 243 p.
- Creing, M., S. Ahmed, W.C. Mitchell and J.W. Hylin. 1985. Plant species reported and possessing pest control properties and EWC/UH; database East West Center. Honolulu and University of Hawaii, USA. p. 15-22.
- Guerin, F.M. and M.F. Ryan. 1980. Insecticidal effect of *trans*-2-nonenal, a constituent of carrot root *Experientia*. 1,387 p.
- Hahlbrock, K. 1981. Flavonoids. In "The Biochemistry of Plants: A Comprehensive Treatise". Vol. 7. Stumpf, P.K. and Conn, E.E., Eds., Academic Press. New York. 425 p.
- Hammann, J. and W. Sirrenberg. 1980. "Laboruntersuchungen mit SIR 8514, cimenneven Chitin synthese hemmer, aus der klasse derbenzoylierten Hamstoffe" *Pflanzenschutz Nachrichten Bayer*. 1:1-34.
- _____ and _____. 1985. Laboratory evaluation of BAY SIR 8514. A new chitin synthesis inhibitor of the benzoylated urea class. *P.F. Nachrichten* 33:1-34.
- Hart, S.V., M. Kogan and J. Paxton. 1983. Naturally occurring pest bioregulators. *Phytoalexins and Control Insect Pests. J. Chem. Ecol.* 9:657-672.
- Hartley, G.S. and T.F. West. 1969. *Chemicals for Pest Control*. Pergamon Press. Oxford. 26 p.
- Hassid, E., S.W. Applebaum and Y. Birk. 1976. Azetidine-2-carboxylic acid: a naturally occurring inhibitor of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae), *Phytoparasitica*. 4:173.

- Hedin, P.A. 1977. Host Plant Resistance to Pest; ACS Symposium Series No. 62; American Chemical Society: Washington, D.C. 286 p.
- Heyde, J.V.D., R.C. Saxena y H. Schmutterer. 1985. Effects of neem derivatives on growth and fecundity of the rice pest *Nephotettix virescens* (Homoptera: Cicadellidae). Z. Pflkrankh. PflSchutz. (Journal of Plant Disease and Protection). 92:346-354.
- Hoskins, W.M. and P.S. Messenger. 1950. Microbioassay of insecticide residues in plant and animal tissues. Adv. Chem. Sci. 1:93-98.
- House H.L. and A.R. Graham. 1967. Capric acid blended into foodstuffs for control of an insect pest. *Tribolium confusum*. Can. Entomol. 99:994.
- Huerta, R.B. 1991. Evaluación de Karate (Lambda cyhalotrina) para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*, J.E. Smith, Lepidoptera: Noctuidae) del sorgo en el Valle del Fuerte, Sin. ICI de México, S.A. de C.V. XXVI Congreso Nacional de Entomología, Veracruz, Ver., México. 276:544.
- Ibarra, G.E. 1973. Número y fechas de aplicación de Telodrin 1.5% granulado, para el combate de plagas del maíz en la Chontalpa, Tab. INIA Depto. Entomol. Inf. Tec. 1(1):53-64.
- Incho, H.H. and H.W. Greenberg. 1952. Synergistic effect of piperonyl butoxide with the active principles of pyrethrum and allethrolone esters of chrysanthemum acids. J. Econ. Entomol. 45:794.
- Ingham, J.L. 1983. Naturally occurring isoflavonoids (1,855-1,981), Prog. Org.Chem. Nat. Prod. 43:1.
- Isogai, A., C. Chang, S. Murakoshi, A. Suzuki and S. Tamura. 1973. screening search for biologically active substances to insects in crude drug plants. J. Agric. Chem. Soc. Jpn. 47:443.

- _____, S. Murakoshi, A. Suzuki and S. Tamura. 1977. Chemistry and biological activities of cinnzeylanine and cinnzeylanol, new insecticidal substances from *Cinnamomum zeylanicum* Nes., *Agic, Biol. Chem.* 41:1,779.
- Jacobson, M. 1953. Pellitorine isomers, II. The synthesis of N-isobutyl-*trans*-2-*trans*-4-decadienamides. *J. Am. Chem. Soc.* 75:2,584.
- _____. 1971. The unsaturated isobutylamides, in *Naturally Occurring Insecticides*. Jacobson, M. and Crosby, D.G. Eds., Marcel Dekker. New York. 137 p.
- _____. and D.G. Crosby. 1971. *Naturally Occurring Insecticides*. Dekker. New York. 65 p.
- _____. 1975. Insecticides from plants; a review of the literature, 1954-1971. *Agricultural Handbook*. USDA-USA. p. 28-35.
- Janzen, D.H., H.B. Juster and E.A. Bell. 1977. Toxicity of secondary compounds to the seed-eating larvae of the bruchid beetle *Callosobrochus maculatus*, *Phytochemistry*. 16:223.
- Kern, F. 1954. Nota sobre una nueva forma biológica de *Lophygma frugiperda* (S. et A.), *Agron. Trop.* 3: 295-300.
- Ketkar, C.M. 1976. Utilization of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) and its By-Products, Final Technical Report Khadi & Village Industrial Commission Bomhav. 297 p.
- Klinge, M. 1985. Untersuchungen Zur Trag B-und entwicklungsstorender aktivitat von Meliaceeninhaltsstoffen: Entwicklung und Anwendung Eines Testverfahrens für den Agyptischen Baumwollwurm *Spodoptera littoralis*. *Wissenschaftliche Arbeit. Univ. of Hohenheim, FRG.*
- Kogan, M. 1977. In *The Role of Chemical Factors in Insect/Plant Relationships*. Proc. XV Int. Congr. Entomol., Washington, D.C. p. 211-227.

- ____ and J.D. Paxton. 1983. In *Plant Resistance to Insects*. Hedin, P.A., Eds.; ACS Symposium Series No. 208; American Chemical Society: Washington, D.C., Chapter 9.
- Kould, O., K. Amanai y T. Ohtaki. 1987. Effect of azadirachtin on the endocrine system of *Bombyx mori*. *J. Insect Physiol.* Vol. 33. No. 2. p. 103-108.
- Kraus, W. y H. Pohnl. 1985. The structure of azadirachtin and 22,23-dihydro-23-Beta-methoxyazadirachtin. *Tetrahedron Lett.* 26:6,435-6,438.
- ____, S. Bauwmann, M. Bokel, V. Keller, A. Klenk, M. Klingele, H. Pohl y M. Schwinger. 1986. Control of insect feeding and development by constituents of *Melia azadirachta* and *Azadirachta indica*. *Proc. 3rd Int. Neem Conf.* Nairobi. p. 111-125.
- Kubo, I., J.A. Klocke and S. Asaro. 1981. Insect ecdysis inhibitors from the east african medicinal plant *Aguja remota* (Labiatae). *Agricultural Biol.* p. 65.
- ____, T. Matsumoto, J.A. Klocke and T. Kamikawa. 1984. Molluscicidal and insecticidal activities of isobutyl amides isolated from *Fragaria macrophylla*. *Experientia.* 40:340.
- Lagunes, T.A. y L.C. Arenas. 1984. Extractos acuosos y polvos vegetales con propiedades insecticidas: Una alternativa por explorar. *Informe del Proyecto Cooperativo (PCAFBNA-001299).* 133:162.
- LaLonde, R.T. 1980. N-(2-methyl-propyl)-(E,E)-2,4- decadienamida. A mosquito larvicide from *Achillae millefolium* L., *J. Chem. Ecol.* 6:35.
- Larter, L.N.H. 1947. Maize populations and yields in Jamaica. *Trop. Agr.* 24:19- 27.

- Lec, S.M. 1991. Insecticidal constituents of *Azadirachta indica* and *Melia azedarach* (Meliaceae). Naturally Occurring Pest Bioregulators By Paul A. Hedin. ACS Symposium Series 449. Chapter 19. p. 293-394.
- Leos, M.J. 1991. Importancia y diseminación del insecticida del árbol del neem (*Azadirachta indica* A. Juss) en México. II Simposio Nacional Sobre Sustancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. p. 106-131.
- Liang, T.T., E.P. Lichtenstein, K.R. Schulz, H.K. Schnoes and G.T. Garter. 1974. Insecticidal and synergistic components isolated from dill plants. J. Agric. Food Chem. 22:658.
- Lichtenstein, E.P., S.W. Strongf and D.C. Morgan. 1962. Identification of 2-phenylethylisothiocyanate as an insecticide occurring naturally in the edible part of turnips. J. Agric. Food Chem. 10:30.
- _____ and J.E. Casida. 1963. Myristicin, an insecticide and synergist occurring naturally in the edible parts of parsnips. J. Agric. Food Chem. 11:410.
- _____, D.C. Morgan and C.H. Mueller. 1964. Naturally occurring insecticides in cruciferous crops. J. Agric. Food Chem. 12:158.
- _____, T.T. Liang, K.R. Schulz, H.K. Schnoes and G.T. Garter. 1974. Insecticidal and synergistic components isolated from dill plants. J. Agric. Food Chem. 22:658.
- López, A.G.F. 1985. Curso de orientación para el buen uso y manejo de plaguicidas. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo. México, D.F. p. 27-29.
- Lozoya, S.A. y L.S. Quiñones. 1987. Inhibidores de la síntesis de quitina. Generalidades y usos insecticidas. Apuntes de entomología No. 16. Universidad Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. 41 p.

- Luginbill, P. 1928. The fall armyworm. USDA Tech. Bull. 34:92.
- Lukefahr, M.J., R.D. Stipanovic, A.A. Bell and J.R. Gray. 1977. In proceeding of the Beltwide Cotton Production Research Conference. National Cotton Council. Memphis, Tenn. 97 p.
- Machado, C.H.H. y H.C. Rodríguez. 1991. Toxicidad de *Hippocratea* spp (Hippocrateaceae) en larvas de *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti* (Diptera:Culicidae) y *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) en laboratorio. Parasitología Agrícola, UACH y CENA, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México, S.A. de C.V. XXVI Congreso Nacional de Entomología. Veracruz, Ver, México. 75:2,584.
- Madrigal, M.G. 1980. Evaluación de daños y control del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en el área de Zapopan, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía de la U. de G. 82 p.
- Makanjuola, W.E. 1989. Evaluation of extracts of neem (*A. indica* a Juss) for the control of some Stored product. pest. J. Stored Prod. Res. Vol. 25, No. 4. p. 231-237.
- Manitto, P. 1981. Biosynthesis of Natural Products, Halstead Press. New York. 70 p.
- Marcus, C. y E.P. Lichtenstein. 1979. Biologically active components of anise, toxicity and interactions with insecticides in insects. J. Agric. Food Chem. 27: 1,213-1,217.
- Martin, H. 1973. The Scientific Principles of Crop Protection. 6a ed., Arnold Londres. 63:179.
- _____ y C.R. Worthing. 1974. Pesticide Manual. British Crop Protection Council. 67 p.

- Martinez, P.S. 1983. Búsqueda de plantas medicinales con propiedades insecticidas contra el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis de Licenciatura. Parasitología Agrícola, UACH. Chapingo, Méx. 160 p.
- McKelvey, J.J. y F.J. Osorio. 1949. Control del gusano cogollero del maíz folleto. Div. INIA. 16 p.
- McLaughlin, J.L., B. Freeman, R.G. Powell and C.R. Smith, Jr. 1980. Nerifolin and 2-acetylnerifolin; insecticidal and cytotoxic agents from *Thevetia thevetioides* seeds. J. Econ. Entomol. 73:398.
- McMillian, W.W., M.C. Bowman, R.L. Burton, K.I. Starks y B.R. Wiseman. 1969. Extract of chinaberry leaf as feeding deterrent and growth retardant for larvae of the corn earworm and fall armyworm. J. Econ. Entomol. 70 p.
- Metcalf, R.L. 1958. Method of topical application and injection. In methods of testing chemicals on insects. (Shepard, H.H. Edit) Vol. 1, Cap. VIII: 98-112 Burgess Publishing Inc. 165 p.
- Metcalf, C.L. y P. W. Flint. 1984. Insectos destructivos e insectos útiles. Sus costumbres y su control. C.E.C.S.A. México. 1,208 p.
- Miyakado, M., I. Nakayama, H. Yoshioki and N. Nakatani. 1979. The Piperaceae amides, I. Pipericide a new insecticidal amide from *Piper nigrum* L., Agric. Biol. Chem. 43:1,609.
- _____, N. Ohno and H. Yoshioki. 1983. Structure, chemistry and actions of the *Piperaceae* amides: New insecticidal constituents isolated from the pepper plant, in Natural Products for Innovative Pest Management. Whitehead, D.L. and Bowers, W.S. Eds., Pergamon Press, Oxford. 369 p.

- Morán, V.C. y J.A. Sifuentes. 1967. El gusano cogollero del maíz; su combate con insecticidas granulados en el Valle de Apatzingan, Mich. Agric. Tec. Méx. 2(7):315-317.
- Morgan, E.D. y N.B. Mandava. 1987. Handbook of Natural Pesticides: Vol. VI. Insect Attractants and Repellents: CRC Press: Boca Raton, FL. 249 p.
- Murakoshi, S., T. Kamikado, C.F. Chang, A. Sakurai and S. Tamura. 1976. Effect of several components from the leaves of four species of plants on the growth of silkworm larvae, *Bombix mori* L., Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 20:26.
- Nakajima, S. and K. Kawazu. 1980. Coumarin and eupoinin, two inhibitors for insect development from leaves of *Eupatorium japonicum*, Agr. Biol. Chem. 44:2,893.
- Negherbon, W.O. 1959. Handbook of Toxicology, Vol. 3, Negherbon, W.O., Ed., W.B. Saunders, Philadelphia. 180 p.
- Norris, D.M. 1986. In *Chemistry of Plant Protection*. Haug, G.; Hoffmann, H. Eds.; Springer-Verlag: Berlin. p. 99-146.
- Oda, J., N. Ando, Y. Nakajima and Y. Inoye. 1977. Studies on insecticidal constituents of *Juniperus recurva*, Buch., Agric. Biol. Chem. 41:201.
- Odjo, A., J. Piart, J. Polonsky and M. Roth. 1982. Study of the insecticidal effect of two quassinoids on the larvae of *Locusta migratoria migratorioides*, C.R. Acad. Sci. 293:241.
- Osorio, A.F.J. 1949. Ciclo biológico y control del gusano cogollero del maíz *Laphygma frugiperda* (S. y A.). Tesis ENA, Chapingo, México. p. 61.
- Pacheco, M.F. 1970. Plagas del Valle del Yaqui. Circular CIANO No. 53. 124 p.

- Pacheco, C.J.J. 1992. Respuesta diferencial de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) a un insecticida, y su relación dosis mortalidad, bajo condiciones del Valle del Yaqui, Son. XXVII Congreso Nacional de Entomología. U.A.S.I.P. San Luis Potosí, Méx. 310:487.
- Padilla. A.R. 1969. Entomología. Escuela de Agricultura. Universidad de Guadalajara. 57:129.
- Paxton, J.D. 1981. Naturally occurring pest bioregulators. *Phytoalexins and Control of Insect Pests. Phytopath. Zeit.* 101:106-109.
- Pelletier, S.W. 1983. The nature and definition of an alkaloid, in *Alkaloids: Chemical and Biological Perspectives*, Vol. 1. Pelletier, S.W., Ed., John Wiley & Sons. New York. 180 p.
- Polonsky, J. 1973. Quassinoid bitter principles. *Prog. Chem. Org. Nat. Prod.* 30:101.
- Powell, R.G., D. Weisleder and C.R. Smith., Jr. 1981. Novel metansanoid tumor inhibitors from *Trewia nudiflora*; trewiasine, dehydrotrewiasine and demethyl trewiasine. *J. Org. Chem.* 46:4,398.
- Pradhan, P.K. y M. Jotwani. 1968. Neem as an Insect Deterrent Indran Farming. 12:756-760.
- Radwanski, S.A. 1981. Multiple land utilization in the tropics an integrated approach with proposals for an international neem tree research and development program. *Proc. Int. Neem Conf.* 43 p.
- _____ y G.E. Wickens. 1981. Vegetative fallows and potential value of the neem tree (*Azadirachta indica*) in the tropics. *Econ. Bot.* 35:398-414.
- Redfern, R.E., J.D. Jr. Warthen, E.C. Uebel y G.D. Jr. Mills. 1985. The antifedant and growth-disrupting effects of azadirachtin on *Spodoptera frugiperda* and *Oncopeltus fasciatus*. *See Ref.* 81:129-136.

- Reed, D.K., B. Freedman and T.L. Ladd. 1982. Insecticidal and antifeedant activity of nerifolin against codling moth, striped cucumber beetle and japanese beetle. *J. Econ. Entomol.* 75:1,093.
- _____, W.F. Kwolek and C.R. Smith, Jr. 1983. Investigation of antifeedant and other insecticidal activities of trevasine towards the striped cucumber beetle and codling moth. *J. Econ. entomol.* 76:641.
- Rehr, S.S., E.A. Bell, D.M. Janzen and P.P. Feeny. 1973. Insecticidal amino acids in legume seeds. *Biochem. Systematics.* 1:63.
- Reynolds, H.T. 1960. Establishing levels of insecticide with standardized laboratory detection methods in agricultural arthropod pests. *Misc. Pub. Entomol. Soc. of Amer.* Vol. II, No. 1. p. 103-111.
- _____. 1962. Standardized laboratory detection methods for resistance determination in agricultural arthropod pests. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 8:9-14.
- Rogers, E.F., H.R. Snyder and Rf. Fischer. 1952. Plant insecticides II. The alkaloids of *Haplophyton cnicoidum*. *J. Am. Chem. Soc.* 74 p.
- Rosenthal, G.A. and E.A. Bell. 1979. Naturally occurring, toxic non-protein amino acids, in *Herbivores: Their Interaction with Plant Secondary Metabolites*. Rosenthal, G.A. and Janzen, D.H., Eds., Academic Press. New York. 353 p.
- _____ y D.M. Janzen. 1979. *Herbivores: Their Interaction with Secondary Plant Metabolites*, Academic Press: New York. 718 p.
- Rusell, G.B. and P. Singh. 1972. Insect control chemicals from plants. Nagilactone C, a toxic substance from the leaves of *Podocarpus nivalis* and *P. hallii*, *Aust. J. Biol. Sci.* 25:1,025.
- _____, P.G. Fenimore and P. Singh. 1973. The structures of Hallactones A and B, insect toxins from *Podocarpus hallii*, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 166.

- _____, P. Singh and P.G. Fenimore. 1976. Insect control chemicals from plants, III. Toxic lignans from *Libocedrus bidwillii*, Aust. J. Biol. Sci. 29:99.
- Sakata, K., K. Akoi, C.F. Chang, A. Sakurai, S. Tamura and S. Murakoshi. 1958. Stemospirocin, a new insecticidal alkaloid of *Stemona japonica* Miq. Isolation, structural determination and activity, Agric. Biol. Chem. 42:457.
- Sawicki, R.M. and E.M. Thain. 1962. Insecticidal activities of pyrethrum extract and its four insecticidal constituents against houseflies, IV. Knockdown activities of the four constituents. J. Sci. Food Agric. 12:292.
- Saxena, R.C., N.J. Liquido y H.D. Justo. 1981. Neem seed oil, a potential antifeedant for the control of the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. In: Natural Pesticides from the Neem tree (*Azadirachta indica* Juss.). Proc. 1st. Int. Neem Conf. (W. Germany, 1980). p. 171-188.
- _____ y Z.R. Khan. 1985. Effect of neem oil on survival of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and on grassy stunt and ragged stunt virus transmission. J. Econ. Entomology. 48:647-691.
- Schlesinger, H.M., S.W. Applebaum and Y. Birk. 1976. Effect of α -cyano-L-alanine on the water balance of *Locusta migratoria*, J. Insect Physiol. 22:1,421.
- Schmeltz, I. 1971. Nicotine and other tobacco alkaloids, in Naturally Occurring Insecticides. Jacobson, M. and Crosby, D.G. Eds., Marcel Dekker, New York. 177 p.
- Schmutterer, H., R.C. Saxena y J.V.D. Heyde. 1983. Morphogenetic effects of some partially-purified fractions and methanolic extracts of neem seeds on *Mythimna separata* (Walker) and *Cnaphalacrocis medicinalis* (Guenee). Z. Ang. Ent. 95:230-237.

- _____. 1990. Die Wustenhueschrecke. *Schitocerca gregaria*, ein Insekt der Superlative seit Biblisschem Zeiten. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. angew. Ent. 7:640-646.
- Schoonhoven, L.M. 1981. In Semiochemicals: Their Role in Pest Control. Nordlund, D.A. Ed.; John Wiley and Sons. New York. p. 31-50.
- Senmanche, S.J.M. 1974. Cría artificial de *Diatraea saccharalis* Fab. (Lepidoptera: Phyalidae) y su aplicación en la evolución de resistencia en maíz. Tesis M.C. Chapingo, Méx., Colegio de Postgraduados. 80 p.
- Sharma, G.K., Ch. Croppelt and H. Rembold. 1980. Further evidence of insect growth disruption by neem seed fractions. Z. Ang. Ent. 90:439-444.
- Shaver, T.N. and M.J. Lukefahr. 1969. Effects of flavenoid pigments and gossypol on growth and development of the bollworm. J. Econ. Entomol. 62:643.
- Shepard, H.H. 1951. The chemistry and action of insecticides Mc Graw Hill Book Co., New York. p. 413-418.
- Sifuentes, A.J., V.C. Morán y S.B. López. 1969. El gusano cogollero del maíz y su control. Circular CIAB No. 25. 16 p.
- Simmonds, M.S.J. y W.M. Blaney. 1984. Some neurophysiological effects of azadirachtin on lepidopterous larvae and their feeding response. See Ref. 79: 163-180.
- Singh, P., P.G. Fenemore and G.B. Russell. 1973. Insect control chemicals from plants, II. Effects of five natural norditerpene dilactones on the development of the housefly, Aust. J. Biol. Sci. 26:911.
- _____, B.G. Russell, Y. Hayashi, R.T. Gallagher and S. Frederickson. 1979. The insecticidal activity of some norditerpene dilactones. Entomol. Exp. Appl. 25:121.

- Sláma, K. and C.M. Williams. 1966. "Paper_factor" as an inhibitor of embryonic development of the European bug, *Pyrrhocoris apterus*. *Nature* (London). 210:329.
- Smith, R.H. 1965. Effects of monoterpene vapors on the western pine beetle. *J. Econ. Entomol.* 58:509.
- Steets, R. 1975. Die Wirkung von Rohextrakten aus den Meliaceen *Azadirachta indica* und *Melia azedarach*. *Z. Angew. Entomol.* 77:306-312.
- _____, y H. Schmutterer. 1975. The effect of azadirachtin on the longevity and reproduction of *E. varivestis*, Muls (Coleoptera:Coccinellidae). *Z. PflKrankh. PflSchutz* (Journal of plants Disease and Protection). 82:176-179.
- Stipanovic, R.D., A.A. Bell and M.J. Lukefahr. 1976. In proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference. National Cotton Council. Memphis, Tenn. 97 p.
- _____, D.B. O'Brien and M.J. Lukefahr. 1978. Helioacid H1; a new insecticidal terpenoid from Cotton (*Gossypium hirsutum*), *J. Agric. Food Chem.* 26:115. C25
- Su, H.C.F. 1977. Insecticidal properties of black pepper to rice weevils and cowpea weevils. *J. Econ. Entomol.* 70:18.
- _____, and R. Horvat. 1981. Isolation, identification and insecticidal properties of *Piper nigrum* amides. *J. Agric. Food Chem.* 29:115.
- Torsell, K.B.G. 1983. Natural Product Chemistry. A Mechanistic and Biosynthetic Approach to Secondary Metabolism. John Wiley & Sons. New York. p. 19-22.
- Vázquez, G.M. 1975. Cría masiva del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) y evaluación de infestaciones artificiales sobre maíz en el campo. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 81 p.

- Vickery, R.A. 1929. Studies on the fall armyworm in the gulf coast district of Texas. USDA Tech. Bull. 138:163.
- Villar, M.C. 1988. Utilización de infusiones y extractos acuosos vegetales en el combate del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera:Noctuidae) en San Luis Potosí. Tesis de Maestro en Ciencias. Departamento de Parasitología Agrícola, UACH. Chapingo, México. p. 79.
- _____ y C.F.J. Jiménez. 1988. Utilización de 2 especies de plantas con propiedades tóxicas para el control del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en el C.A.E.E.A. ciclo primavera-verano, 1988. Escuela de Agronomía U.A.S.L.P., San Luis Potosí, México. p. 60-66.
- Wada, K. and K. Munakata. 1967. An insecticidal alkaloid, cocculolidine from *Cocculus trilobus* DC., J. The isolation and insecticidal activity of cocculolidine. Agric. Biol. Chem. 31:366.
- Wallace, J.W. y R.L. Mansell. 1976. Biochemical Interactions Between Plants and Insects; Recent Advances in Phytochemistry, Vol. 10. Plenum Press. New York. p. 425.
- Ward, J. 1953. Separation of the "pyretrins" by chromatography. Chem. Ind. 586 p.
- Williams, W.G., G.G. Kennedy, R.T. Yamamoto, J.D. Thacker and J. Bordner. 1980. 2-Tridecanone; a naturally-occurring insecticide from the wild tomato *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum*. Science. 207:888.
- Wiseman, B.R. 1967. Resistance of corn, *Zea mays* L., and related plant species to the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Ph. D. Thesis. Kansas State Univ. 198 p.
- Yamamoto, I. 1965. Nicotinoids as insecticides. Adv. Pest Control Res. 6:231.

- Zalkow, U., M.M. Gordon and L. Lanir. 1979. Antifeedants from rayless goldenrod and oil of pennyroyal; toxic effects for fall armyworm. *J. Econ. Entomol.* 72:812.
- Zanna, P.R., I. Miura, K. Nakanishi y D.P.P. Elder. 1975. Structure of the insect phagorepellent azadirachtin. Application of PRFT-CWO Carbon-13 nuclear magnetic resonance. *J. Am. Chem. Soc.* 97:1975-1977.
- Zárate, T.Y., M.C. Villar y P.A. Delgadillo. 1991. Soluciones acuosas vegetales en el control del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). XXVI Congreso Nacional de Entomología. Veracruz, Ver., Méx. 464:544.

VIII. APENDICE

Cuadro 8. Ingredientes para preparar la dieta utilizada para la cría del gusano cogollero *S. frugiperda* (J.E. Smith). CIMMYT, El Batán, Méx., 1973.

INGREDIENTES	CANTIDADES (gramos)*
Frijol soya molido	500
Levadura de cerveza	400
Acido ascórbico	40
Acido sórbico	12.5
Formaldehido 40%	25 ml
Agar granulado	160
Acido metil (para-hidroxibenzoico)	25
Vitaminas (clusivol-jarabe)	50 ml
Clruro de cholina	20
Germen de trigo	20
Maíz opaco molido	960
Agua	10,000 ml

* Cantidad para preparar 10 kg. de dicta

Método de preparación de la dieta

- Se disuelve el agar en 5 litros de agua, calentándose hasta una temperatura de 96°C, después reposo durante 15 minutos.

- Se disuelve la levadura en 2 litros de agua el tiempo suficiente para una licuefacción completa.

- Se mezcla el maíz opaco y la soya en 3 litros de agua durante 10 minutos y se le agrega la levadura ya preparada. La mezcla se bate por 5 minutos.

- Transcurridos los 15 minutos de reposo del agar, este se agrega a la mezcla anterior. Se agita por 10 minutos. En este intervalo, por separado en un matraz, se disuelve el ácido sórbico en 60 ml de alcohol al 90%, calentándolo hasta desaparecer los granulos.

- Cuando la temperatura de la mezcla baja de 50°C, se agrega el resto de los ingredientes, incluyendo el ácido sórbico disuelto en alcohol. Finalmente se mezcla todo el contenido durante 10 minutos.