



00361
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

7

EVALUACION DE EXTRACTOS VEGETALES CONTRA
EL GUSANO COGOLLERO *Spodoptera frugiperda*
SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EN MAIZ.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A

RODOLFO FIGUEROA BRITO

DIRECTOR DE LA TESIS: DR. MARIO CAMINO LAVIN

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

La presente tesis se realizó en el Departamento de Interacciones Bioquímicas Planta-Insecto del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CeProBi) del I.P.N.; en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias de la U.N.A.M. y en el Laboratorio de Productos Naturales de Centro de Investigaciones Químicas (CQI) de la U.A.E.M.

AGRADECIMIENTOS

Al apoyo brindado por el CENTRO DE DESARROLLO DE PRODUCTOS BIOTICOS (CeProBi)-I.P.N., al LABORATORIO DE QUÍMICA (CQI) de la Facultad de Ciencias de la U.N.A.M. y al LABORATORIO DE PRODUCTOS NATURALES del Centro de Investigaciones Químicas de la U.A.E.M.

Al Dr. Mario Camino Lavin, Investigador del CeProBi-I.P.N. por la dirección y revisión del presente trabajo, así como por su gran apoyo, amistad, consejos y enseñanzas que nos brindó.

A la Dra. Cristina Pérez Amador Barron, Profesor-Investigador responsable del Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias de la U.N.A.M., así como a la Dra. Yolanda Rios Gómez y a la M. en C. Angélica Berenice Aguilar Guadarrama responsable e integrante respectivamente del Laboratorio de Productos Naturales del CIQ de la U.A.E.M. por su gran apoyo, consejos y enseñanzas que nos brindaron durante la realización de la parte química del presente trabajo.

Al jurado revisor: Dr. Javier Taboada Ramírez (=), Dra. Cristina Pérez Amador Barron, Dr. Mario Camino Lavin,

A las M. en C. Lucila Aldana Llanos y María Elena Valdés Estrada integrantes del Departamento de Interacciones Bioquímicas entre Plantas e Insectos del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del I.P.N. por su amistad, enseñanzas y apoyo que me brindaron para realizar las pruebas biológicas de la tesis.

A todas aquellas personas que de una u otra manera intervinieron en la realización del este trabajo.

DEDICATORIAS

CON TODO MI CARÑO DEDICO ESTA TESIS A MIS PAPAS:
RAUL Y QUINTILA

A MI ESPOSA: PAULA

A MIS HERMANOS ALFREDO, VERÓNICA MARIA DEL CARMEN, RAUL Y
ROSARIO.

Y TODOS MIS SOBRINOS.

INDICE

LISTA DE FIGURAS.	i
LISTA DE CUADROS.	ii
RESUMEN.	vii
INTRODUCCIÓN.	1
OBJETIVOS.	3
ANTECEDENTES.	4
Defensa natural.	4
Protección natural de las plantas y su coevolución con insectos	4
Causas de la defensa natural.	6
Metabolitos secundarios.	6
Insecticidas vegetales.	9
Substancias antialimentarias.	11
Efecto en la actividad normal y cambios morfológicos en adultos.	12
Control de insectos con sustancias tóxicas de plantas.	13
Generalidades de <i>Spodoptera frugiperda</i> Smith (Lepidoptera:Noctuidae).	14
Características morfológicas de <i>S. frugiperda</i> .	14
Algunos aspectos biológicos de <i>S. frugiperda</i> .	15
Fuentes naturales de principios activos tóxicos o antialimentarios contra Lepidoptera: Noctuidae.	16
Generalidades de <i>Carica papaya</i> L. (Caricaceae).	17
Características morfológicas de <i>C. papaya</i> .	17
Algunos aspectos químico-biológicos de <i>C. papaya</i> .	18
MATERIALES Y MÉTODOS.	21
EVALUACIÓN DE <i>S. frugiperda</i> EN DIETA ARTIFICIAL.	21
Colecta y cría de <i>S. frugiperda</i> .	21
Colecta de plantas.	21
Preparación de los polvos vegetales.	22
Bioensayo en dieta artificial con polvos vegetales.	22
Bioensayo en dieta artificial con <i>C. papaya</i> .	23
EVALUACIÓN DE <i>S. frugiperda</i> CON EXTRACTOS DE <i>C. papaya</i>.	23
Colecta de semillas, flores y hojas de <i>C. papaya</i> .	23
Extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de <i>C. papaya</i> .	23

Extractos de <i>C. papaya</i> en polvo.	23
Extractos de <i>C. papaya</i> fresca.	23
Bioensayo de toxicidad de contacto.	24
Bioensayo de toxicidad fulminante.	24
Bioensayo de toxicidad por administración oral.	24
ESTUDIOS FITOQUÍMICOS.	25
Pruebas químicas.	25
Primera fase.	25
Extractos acetónicos y hexánicos (en frío o caliente) de semillas de <i>C. papaya</i> .	25
Análisis comparativo de los extractos acetónicos y hexánicos (en frío o caliente).	25
Cromatografía en columna de semillas frescas de <i>C. papaya</i>	25
Bioensayo de toxicidad por administración oral de extractos acetónicos y hexánicos (frío ó caliente) de <i>C. papaya</i> .	26
Segunda preparación de extractos acetónicos y hexánicos en frío de semillas de <i>C. papaya</i> .	27
Segundo análisis comparativo de extractos acetónicos y hexánicos de semillas de <i>C. papaya</i> .	27
Segunda fase.	28
Extractos acetónicos de semillas frescas y en polvo de <i>C. papaya</i> .	28
Tercer análisis comparativo de los extractos acetónicos de semillas frescas y en polvo de <i>C. papaya</i> .	28
Cromatografía en columna de semillas en polvo de <i>C. papaya</i>	29
Bioensayo de toxicidad por administración oral del extracto acetónico de semillas en polvo de <i>C. papaya</i> .	29

Bioensayo de toxicidad por administración oral con los compuestos puros del extracto acetónico de las semillas en polvo de <i>C. papaya</i> .	30
PRUEBA EN INVERNADERO.	30
RESULTADOS.	33
EVALUACIÓN DE <i>S. frugiperda</i> EN DIETA ARTIFICIAL.	33
Bioensayo en dieta artificial con polvos vegetales.	33
Mortalidad, pupación y emergencia de adultos.	33
Suma de crecimiento (peso).	34
Proporción de crecimiento de <i>S. frugiperda</i> .	34
Efecto de la alimentación y desarrollo.	34
Anormalidades anatómicas.	35
Fecundidad (Viabilidad).	36
Bioensayo en dieta artificial con <i>C. papaya</i> .	37
Mortalidad, pupación y emergencia de adultos.	37
Suma de crecimiento (peso).	38
Proporción de crecimiento de <i>S. frugiperda</i> .	39
Efecto de la alimentación y desarrollo.	39
Anormalidades anatómicas.	40
Fecundidad (Viabilidad).	40
EVALUACIÓN DE <i>S. frugiperda</i> CON EXTRACTOS DE <i>C. papaya</i> .	42
Bioensayo de toxicidad de contacto.	42
Mortalidad larval de <i>S. frugiperda</i> .	42
Suma de crecimiento (peso larval).	44
Proporción del crecimiento larval.	45
Efecto de alimentación y desarrollo larval.	45
Bioensayo de toxicidad fulminante.	47
Mortalidad larval de <i>S. frugiperda</i> .	47
Bioensayo de toxicidad por administración oral.	49
Mortalidad, pupación y emergencia de adultos.	49
Suma de crecimiento (peso).	51
Proporción de crecimiento de <i>S. frugiperda</i> .	54
Efecto de la alimentación y desarrollo.	54

Anormalidades anatómicas.	57
Fecundidad (Viabilidad).	58
Viabilidad de <i>S. frugiperda</i> tratado con extractos en polvos.	58
Viabilidad de <i>S. frugiperda</i> tratado con extractos frescos.	60
Viabilidad de hembras solas de <i>S. frugiperda</i> tratado con extractos en polvos y frescos.	62
ESTUDIOS FITOQUÍMICOS.	65
Primera fase.	
Bioensayo de toxicidad por administración oral de extractos acetónicos y hexánicos (frío ó caliente) de <i>C. papaya</i> .	65
Mortalidad y desarrollo larval de <i>S. frugiperda</i> .	65
Suma de crecimiento (peso larval).	66
Segunda fase.	
Cromatografía en columna de las semillas en polvo de <i>C. papaya</i> .	66
Bioensayo de toxicidad por administración oral del extracto acetónico de semillas en polvo de <i>C. papaya</i> .	69
Mortalidad y desarrollo larval de <i>S. frugiperda</i> .	69
Suma de crecimiento (peso larval).	70
Bioensayo de toxicidad por administración oral con los compuestos puros del extracto acetónico de las semillas en polvo de <i>C. papaya</i> .	70
Mortalidad y desarrollo de larvas del primer estadio y 50 mg Larval ⁻¹ de <i>S. frugiperda</i> .	70
Suma de crecimiento (peso larval).	71
PRUEBA EN INVERNADERO.	73
DISCUSION.	74
CONCLUSIONES.	80
BIBLIOGRAFIA.	83
APÉNDICES.	

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Compuestos químicos presentes en las semillas de *C. papaya* (tomado de Govindachari, *et al.* 1965; Everette y Burdick, 1967; Chung, 1971; Chung, 1973; Chung, 1979). 20
- Figura 2. Extracción de los extractos acetónicos y hexánicos en frío de semillas frescas de *C. papaya*. 27
- Figura 3. Segunda extracción del extracto acetónico de semillas frescas de *C. papaya*. 28
- Figura 4. Fraccionamiento de metabolitos secundarios de *C. papaya*. 31

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Diagrama del metabolismo de las plantas (tomado de Maxwell y Jennings, 1984).	8
Cuadro 2.	Selección de las plantas usadas para la evaluación de las pruebas biológicas.	21
Cuadro 3.	Análisis de fracciones por cromatografía en columna del extracto acetónico de semillas frescas de <i>C. papaya</i> .	26
Cuadro 4.	Utilización de los diversos extractos, y fracciones y reuniones del extracto acetónico de las semillas frescas de <i>C. papaya</i> contra larvas del primer estadio de <i>S. frugiperda</i> .	26
Cuadro 5.	Análisis de perfiles cromatográficos de los extractos hexánicos y acetónicos en frío de semillas en polvo y frescas de <i>C. papaya</i> .	28
Cuadro 6.	Utilización de reuniones originales del extracto acetónico de semillas en polvo de <i>C. papaya</i> contra larvas del primer estadio de <i>S. frugiperda</i> .	29
Cuadro 7.	Porcentajes de mortalidad, pupación y emergencia de adultos de <i>S. frugiperda</i> tratado con polvos vegetales al 15% (8.4 g) en dieta artificial.	33
Cuadro 8.	Diferencia de peso larval (10 días) de <i>S. frugiperda</i> tratado con polvos vegetales al 15% (8.4 g) en dieta artificial.	34
Cuadro 9.	Duración del ciclo de desarrollo de <i>S. frugiperda</i> tratado con polvos vegetales al 15% (8.4 g) en dieta artificial.	35
Cuadro 10.	Porcentaje de anormalidades anatómicas de <i>S. frugiperda</i> tratado con polvos vegetales al 15 (8.4 g) en dieta artificial.	36
Cuadro 11.	Porcentaje de viabilidad de <i>S. frugiperda</i> tratado con polvos vegetales al 15% (8.4 g) en dieta artificial.	36
Cuadro 12.	Síntesis de los valores significativos de las variables	

- evaluadas sobre *S. frugiperda* tratado con polvos vegetales al 15% (8.4 g) en dieta artificial. 37
- Cuadro 13. Porcentajes de mortalidad, pupación y emergencia de adultos de *S. frugiperda* (1000 mg Larval⁻¹) tratado con concentraciones al 5 (2.8 g), 10 (5.6 g) y 15% (8.4 g) del polvo de *C. papaya* en dieta artificial. 38
- Cuadro 14. Diferencia de peso larval (5 días) de *S. frugiperda* (1000 mg Larval⁻¹) tratado con concentraciones al 5 (2.8 g), 10 (5.6 g) y 15% (8.4 g) del polvo de *C. papaya* en dieta artificial. 39
- Cuadro 15. Diferencia de peso pupal de *S. frugiperda* (1000 mg Larval⁻¹) tratado con concentraciones al 5 (2.8 g), 10 (5.6 g) y 15% (8.4 g) del polvo de *C. papaya* en dieta artificial. 39
- Cuadro 16. Duración del ciclo de desarrollo de *S. frugiperda* (1000 mg Larval⁻¹) tratado con concentraciones al 5 (2.8 g), 10 (5.6 g) y 15% (8.4 g) del polvo de *C. papaya* en dieta artificial. 40
- Cuadro 17. Porcentaje de anomalías anatómicas de *S. frugiperda* (1000 mg Larval⁻¹) tratado con concentraciones al 5 (2.8 g), 10 (5.6 g) y 15% (8.4 g) del polvo de *C. papaya* en dieta artificial. 40
- Cuadro 18. Porcentaje de viabilidad de *S. frugiperda* (1000 mg Larval⁻¹) tratado con concentraciones al 5 (2.8 g), 10 (5.6 g) y 15% (8.4 g) del polvo de *C. papaya* en dieta artificial. 41
- Cuadro 19. Síntesis de los valores significativos de las variables evaluadas sobre *S. frugiperda* (1000 mg Larval⁻¹) tratado con concentraciones al 5 (2.8 g), 10 (5.6 g) y 15% (8.4 g) del polvo de *C. papaya* en dieta artificial. 42
- Cuadro 20. Porcentaje de mortalidad larval de *S. frugiperda* (50 mg Larval⁻¹) tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de las semillas, hojas y flores frescas y en polvo de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad de contacto. 43
- Cuadro 21. Diferencia de peso larval de *S. frugiperda* (50 mg Larval⁻¹)

	tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de las semillas, hojas y flores frescas de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad de contacto	44
Cuadro 22.	Diferencia de peso larval de <i>S. frugiperda</i> (50 mg Larval ⁻¹) tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de las semillas, hojas y flores en polvo de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad de contacto	45
Cuadro 23.	Porcentaje del desarrollo larval de <i>S. frugiperda</i> (50 mg Larval ⁻¹) tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de las semillas, hojas y flores frescas y en polvo de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad de contacto	46
Cuadro 24.	Síntesis de los valores significativos de las variables evaluadas sobre <i>S. frugiperda</i> tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de las semillas, hojas y flores frescas y en polvo de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad de contacto	47
Cuadro 25.	Porcentaje de mortalidad de <i>S. frugiperda</i> (50 mg larval ⁻¹) a los 15 y 30 minutos de exposición con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de las semillas, hojas y flores frescas o en polvo de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad fulminante	48
Cuadro 26.	Porcentajes de mortalidad, pupación y emergencia de adultos de <i>S. frugiperda</i> tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores frescas y en polvo de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad por administración oral	50
Cuadro 27.	Diferencia de peso larval de <i>S. frugiperda</i> tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores en polvo de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad por administración oral	52
Cuadro 28.	Diferencia de peso larval de <i>S. frugiperda</i> tratado con extractos hexánicos de semillas, hojas y flores frescas de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad por administración oral	53
Cuadro 29.	Diferencia de peso larval de <i>S. frugiperda</i> tratado con	

	extractos acetónicos de semillas, hojas y flores frescas de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad por administración oral	53
Cuadro 30.	Duración del ciclo de desarrollo de <i>S. frugiperda</i> tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores frescas y en polvo de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad por administración oral	55
Cuadro 31.	Porcentaje de anormalidades anatómicas de <i>S. frugiperda</i> tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores frescas y en polvo de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad por administración oral	57
Cuadro 32.	Porcentaje de viabilidad de <i>S. frugiperda</i> tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores en polvo de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad por administración oral	58
Cuadro 33.	Porcentaje de viabilidad de <i>S. frugiperda</i> tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores frescas de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad por administración oral	61
Cuadro 34.	Porcentaje de viabilidad de hembras solas de <i>S. frugiperda</i> tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores frescas y en polvo de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad por administración oral	62
Cuadro 35.	Síntesis de los valores significativos de las variables evaluadas sobre <i>S. frugiperda</i> tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores frescas y en polvo de <i>C. papaya</i> en bioensayo de toxicidad por administración oral	63
Cuadro 36.	Síntesis de los valores significativos de las variables evaluadas sobre <i>S. frugiperda</i> tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de las semillas, hojas y flores frescas y en polvo de <i>C. papaya</i> en bioensayos de toxicidad de contacto, fulminante y por administración oral	64
Cuadro 37.	Porcentajes de mortalidad, pupación y desarrollo de	

	larvas del primer estadio de <i>S. frugiperda</i> tratado con diversos extractos hexánicos y acetónicos, y con las fracciones y reuniones del extracto acetónico de las semillas frescas de <i>C. papaya</i>	65
Cuadro 38.	Diferencia de peso larval de <i>S. frugiperda</i> tratado con diversos extractos hexánicos y acetónicos, y con las fracciones y reuniones del extracto acetónico de las semillas frescas de <i>C. papaya</i>	66
Cuadro 39.	Porcentajes de mortalidad y desarrollo larval de <i>S. frugiperda</i> tratado con reuniones originales (1000 mg/15 ml acetona) del extracto acetónico de semillas en polvo de <i>C. papaya</i>	69
Cuadro 40.	Diferencia de peso larval de <i>S. frugiperda</i> tratado con reuniones (1000 mg/15 ml acetona) del extracto acetónico de semillas en polvo de <i>C. papaya</i>	70
Cuadro 41.	Porcentajes de mortalidad y desarrollo de larvas del primer estadio y 50 mg Larval ⁻¹ de <i>S. frugiperda</i> tratado con compuestos puros (100 mg/15 ml acetona) del extracto acetónico de semillas en polvo de <i>C. papaya</i>	71
Cuadro 42.	Diferencia de peso larval de <i>S. frugiperda</i> (larvas primer estadio y 50 mg Larval ⁻¹) tratado con compuestos puros (100 mg/15 ml acetona) del extracto acetónico de semillas en polvo de <i>C. papaya</i>	72
Cuadro 43.	Evaluación en invernadero de extractos acuosos de las semillas, hojas y flores frescas y en polvo de <i>C. papaya</i> contra <i>S. frugiperda</i>	73

RESUMEN

Las plantas son una fuente natural de metabolitos secundarios efectivos contra los insectos. En el CeProBi a través del departamento de interacciones planta e insecto se ha realizado la búsqueda y evaluación de plantas contra plagas del maíz como el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (campo). La selección del uso de las plantas ha sido basada por una parte por revisión de trabajos anteriores y por otra parte por la determinación de plantas que no se les observa problemas de insectos o en su defecto plantas que no presentaron problemas de lepidópteros. En resultados obtenidos por el grupo de investigación del CeProBi se han encontrado especies de la región tales como *Bromelia hemisphaerica*, *Carica papaya* L., *Crecentia alata* H.B.K., *Gronovia scandens* L., *Leucopremna mexicana*, *Lupinus mutabilis* Sweet, *Lupinus campestris* Cerv., *Pithecellobium dulce* Benth, *Prosopis juliflora* (sw) D.C. y *Verbesina crocata* (Cav.) con un efecto antialimentario y/o tóxico sobre las larvas recién nacidas de *S. frugiperda* a nivel de laboratorio mediante bioensayos en dieta artificial. En el presente trabajo se determinó encontrar un bioinsecticida que matara a este insecto, para poder lograrlo se evaluaron en una primera etapa estas mismas plantas sobre todos los estados biológicos del insecto para tener un panorama más amplio del efecto. Resultando *C. papaya* ser la planta más efectiva por presentar una mortalidad larval del 100%. En una segunda etapa se evaluaron las semillas, hojas y flores de *C. papaya* frescas y polco en tres disolventes: hexano, acetona y agua, donde el extracto acetónico de las semillas frescas fue el más efectivo sobre *S. frugiperda* por registrar una mortalidad del 100% del insecto. En el estudio de fitoquímica se obtuvieron primero fracciones por cromatografía y posteriormente compuestos puros por recromatografías del extracto acetónico de las semillas en polvo y los compuestos: glucosido de β -sitosterilo y la mezcla de los ácidos: mirístico, palmítico, oleico, heptadecen-8-ioco, esteárico y araquidónico presentaron actividad bioinsecticida por registrar una mortalidad del 50% sobre *S. frugiperda*. En la cuarta etapa se evaluaron los extractos acuosos de las semillas, hojas y flores de *C. papaya* a nivel invernadero de las cuales se obtuvo una reducción de daños de 50-75% en las concentraciones de 8.4 y 11.2 g del extracto acuoso de las hojas frescas de *S. frugiperda* sobre maíz. Este extracto puede ser considerado como parte de la estrategia de control integrado sobre el gusano cogollero del maíz, porque se puede obtener en forma importante el material vegetal sin generar algún gasto económico, disminuyendo los costos de cultivo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCIÓN

El maíz *Zea mays* L. es un cereal que se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas por eso ocupa el tercer lugar en la producción mundial después del arroz y el trigo. Se cultiva en una superficie de aproximadamente 106 millones de hectáreas y su rendimiento es de 215 millones de toneladas, lo que representa su promedio de dos toneladas por hectárea (Parsons, 2000). En México se siembran alrededor de 8 millones de hectáreas (Salazar y Carpent, 1992) teniendo una producción anual de 560, 000 toneladas (FAO, 1996). Pero, el maíz presenta dos limitaciones para su producción: el deterioro de las condiciones ambientales y la otra, los aspectos fitosanitarios que dentro de estos los problemas de insectos plaga son los más importantes.

El maíz es atacado por una serie de insectos plaga desde la raíz hasta la parte apical de la planta. Entre estos insectos se encuentra el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) el cual es la principal plaga del maíz en México, tanto por su amplia distribución, como por el daño que causa debido a que ataca a la planta en todas sus fases de desarrollo. Ataca preferentemente la parte del cogollo de la planta impidiendo con esto un buen crecimiento y desarrollo del maíz, causando mermas considerables en la producción (Ávila y Mendoza, 1981). Para contra restar este daño se hacen grandes aplicaciones de insecticidas como los que Lagunes en 1991 reportó: lorsban 2%G., lannate 2% G., nuvacron 2.5% G., orthene 75 P.S., paratión metílico 720 L., sevín 2% G., carbaryl 80% P.H., toxafeno 10% G. y triclorfon 2.5 G. contra *S. frugiperda*.

Con el uso indiscriminado de productos químicos en la agricultura, ha traído graves consecuencias ya que la acumulación de compuestos tóxicos ha repercutido negativamente en el ambiente (suelos, agua, fauna, flora) y especialmente en áreas de cultivo, suelos forestales y mantos freáticos que alimentan a los desarrollos urbanos (Román, 1998).

Por todo esto, es importante generar tecnología aplicada al control de insectos plaga empleando productos de origen natural, los cuales tienen varias ventajas sobre los insecticidas convencionales: son biodegradables y en general poco tóxicos al hombre, en el caso de los antialimentarios son específicos para los insectos masticadores y sólo efectivos si el insecto come de la planta tratada, si no, carecen de actividad, lo que hace que el impacto en el ambiente sea mínimo (Kubo y Nakanishi, 1979; Mundabata, 1977, en González, 1986).

Con el empleo de estos productos naturales se propicia un uso racional de los recursos, muchos de ellos son obtenidos de plantas que crecen de manera silvestre, con lo cual, se encuentran al alcance de

productores de escasos recursos, como generalmente ocurre con los productores que cultivan maíz de temporal.

Ante esta situación, en el Instituto Politécnico Nacional a través del Centro de Desarrollo de Productos Bioticos, creó el Programa de Investigación "Biocontrol de Insectos" para generar tecnología aplicada al control de insectos plaga en los diversos cultivos regionales empleando alternativas de control a través de la utilización de productos de origen vegetal.

Tal es el caso del maíz, donde se han realizado proyectos de investigación ("Evaluación de plantas de Morelos como fuente de principios activos sobre larvas de Lepidoptera" DEPI-912270 y "Evaluación de fitoextractos para el control de insectos y hongos en maíz en el estado de Morelos" DEPI-945315) sobre la utilización de diversos polvos y extractos vegetales (120 plantas), así como sustancias químicas (con vinculación con el Instituto de Química de la UNAM), donde se ha observado un efecto tóxico y/o antialimentario de varias plantas sobre larvas y pupas de *S. frugiperda* (Aldana, 1992; Camino, *et al.* 1992; Aldana, *et al.* 1993; Taboada, *et al.* 1994; Martínez, *et al.* 1996; Camino *et al.* 1998; Figueroa, *et al.* 1998; Valdés, 1999). Por lo tanto, es importante continuar con estas investigaciones, tanto en los análisis químicos de las plantas como incrementar las pruebas biológicas del gusano cogollero hasta la obtención de adultos y determinación de su fecundidad, para tener un panorama más amplio del efecto. Los resultados generados de esta tesis tienen la pauta de profundizar en el conocimiento de esta área poco explorada hasta el momento, pudiendo servir de modelo para otros estudios similares en otras regiones geográficas del país. De este modo, los productos derivados de las plantas pueden incorporarse al manejo integrado de plagas (MIP) para regular la población del insecto plaga por debajo de los umbrales económicos de daño e interferir, lo menos posible, con las cadenas tróficas.

OBJETIVOS

Considerando lo antes expuesto, se plantearon las siguientes hipótesis:

1. Existen en algunas especies de plantas compuestas con propiedades insecticidas y/o antialimentarias.
2. Además de provocar la mortalidad en los insectos plaga, las plantas provocan alteraciones fisiológicas en los insectos plaga.

Para probar estas hipótesis se han planteado el siguiente objetivo general:

Evaluar la actividad toxica de diversas plantas en el "gusano cogollero del maíz" *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae)

Objetivos Particulares

Evaluar la eficiencia de 10 especies de planta con propiedades contra insectos para el control de *S. frugiperda* y establecer una dosis adecuada

Determinar en la planta más eficiente la parte o partes de la planta en donde hay mayor eficiencia así como el solvente más adecuado para su extracción

Evaluar las fracciones del extracto más adecuado tanto como la forma fresca y en polvo de la planta para el control de *S. frugiperda*

Determinación y evaluación de los compuestos activos contra *S. frugiperda*

Evaluación a nivel de invernadero de fitoextractos acuosos de las semillas, hojas y flores de *C. papaya* sobre larvas de *S. frugiperda*.

ANTECEDENTES

Defensa natural.

Protección natural de las plantas y su coevolución con insectos.

La importancia de la selección de insectos es determinada por el patrón de la química de las plantas. Fraenkel (1959) propuso "Evolución recíproca adaptativa" determinando patrones de plantas-hospederas usadas por insectos. Ehrlich y Raven, (1964) propusieron el término "coevolución" describiendo los procesos de defensa química elaborada de las plantas y los mecanismos de defensa a la resistencia o tolerancia a insectos.

Las interacciones fisiológicas, de conductas ecológicas y evolutivas entre los insectos y sus hospederos requieren representaciones precisas de eventos y factores incluyendo la oviposición (Futuyma, *et al.* 1984). Las plantas están provistas de uno o más recursos esenciales para los insectos: sitios de alimentación, sitios de apareamiento, sitios de colocación de huevecillos y sitios de refugio. La localización, densidad y calidad de los recursos son la estructura del nicho ecológico de influencia de la actividad del insecto el cual hace una selección de hospederos a través de la preferencia y su permanencia en las plantas, por otro lado, las plantas también pueden responder a través de la aceptabilidad y la susceptibilidad (Miller y Miller, 1986; Boulter, 1993).

Ahora bien, estas interacciones entre insectos-plantas son naturales, donde los insectos pueden jugar roles beneficiosos como en la polinización de flores y en la depredación de insectos plagas de plantas, así también pueden jugar roles perjudiciales al hombre como los insectos fitófagos.

La coevolución entre plantas e insectos se dio en múltiples aspectos y niveles, algunos bastante evidentes como la polinización de flores o la presencia de estructuras vegetales que impiden o limitan la fitofagia y al mismo tiempo, las plantas generan sustancias químicas (metabolitos secundarios) con diversas acciones: hormonales, atrayentes, repelentes, antialimentarios, etc., muchos de los cuales intervienen de alguna manera en la relación entre plantas e insectos (Strong, *et al.* 1984, Miller y Miller, 1986, Grainge y Ahmed, 1988). Incluso Muller (1976) sugirió que estas sustancias eran "desperdicios", sin embargo cuando se hicieron más estudios se demostró que son muy valiosas como medio de defensa y de gran importancia en el éxito coevolutivo de plantas e insectos fitófagos.

Un ejemplo muy demostrativo es la toxicidad mostrada por la furanocoumarina frente al gusano cogollero *S. frugiperda*, donde la planta *Pastinaca sativa* y *Daucus carota* L. (Umbelliferae) que en condiciones normales no producen la furanocoumarina, al ser atacadas,

convierten la umbeliferona, en la furanocoumarina la cual les proporciona protección contra los insectos herbívoros. Han sido encontrado en experimentos como soporte a la hipótesis coevolucionaria en las plantas ("escape") adaptación frente a sus enemigos, por alteraciones de sus fenotipos químicos, que son, por su trayectoria biogenética los que producen ecológicamente niveles de compuestos secundarios (Berenbaum, 1978).

Schoonhoven (1982) propone cinco teoremas para explicar el papel de los mediadores químicos en la relación entre plantas e insectos fitófagos.

1. Todas las plantas tienen alomonas que las protegen de los insectos fitófagos (y otros organismos).
2. Algunas especies de insectos toleran la presencia de las alomonas de ciertas especies de plantas.
3. Algunas especies de insectos aprovechan la presencia de estas sustancias y las utilizan como kairomonas para reconocer a sus plantas hospederas.
4. Paralelamente al comportamiento de preferencia alimentaria, existen adaptaciones nutricionales que maximizan la eficiencia nutricional del insecto sobre cierto alimento específico.
5. Las relaciones entre plantas e insectos evolucionan continuamente, la aparente estabilidad solamente existe en el momento de la observación.

El estudio de las interacciones entre las plantas y los insectos es de primordial importancia para aportar conocimientos a una nueva ciencia que se desarrolla rápidamente, la ecología química, la cual proporciona las bases para un entendimiento científico de las interacciones entre los organismos fitófagos y las plantas (Camino, *et al.* 1992). En la ecología química se usan términos como los semioquímicos los cuales son sustancias químicas producidas por un organismo, las cuales provocan una respuesta de cambio de conducta o de comportamiento en otro organismo, es decir lleva un mensaje (Jacobson, 1972). Los semioquímicos están divididos en dos grandes grupos, si la interacción es intraespecífica se denominan feromonas, Como las de agregación (alimentación), sexuales (reproducción), alarma (peligro), entre otras (Camino, 1988); pero si la interacción es de tipo interespecífica se llaman aleloquímicos (Whitaker y Feeny, 1971).

Los aleloquímicos son sustancias producidas por un organismo, las cuales afectan el crecimiento, salud, comportamiento y la biología de organismos de otras especies. Se conocen cuatro tipos de aleloquímicos que son: kairomonas, sinomonas, apneumonas y alomonas. Las kairomonas son sustancias que producen una respuesta favorable al receptor y no al emisor. Las sinomonas son sustancias que están

involucradas en interacciones mutualistas donde la respuesta es favorable para ambas especies, decir emisor y receptor. Las apneumonas son substancias emitidas por material "no vivo" donde hay una respuesta favorable para el receptor. Por ultimo, las alomonas son compuestos químicos producidos o adquiridos por organismos de una especie que al estar en contacto con un organismo de otras especies produce una respuesta favorable al emisor pero no al receptor (Norlun y Lewis, 1976).

En la actualidad, se observa que la mayoría de los insectos fitófagos se encuentran más o menos especializados a alimentarse solamente de miembros de una familia o de un género de plantas ó de plantas que comparten ciertas características de composición, a veces, muchos insectos generalistas, por ejemplo los acrididos, en condiciones naturales prefieren alimentarse solamente de una dieta restringida. Esta dependencia de los insectos sobre ciertas plantas es el resultado de una larga coevolución. La preferencia alimentaria es, en gran medida, debida a la habilidad del insecto para identificar plantas hospederas adecuadas de entre toda una multitud de plantas no hospedantes, en base a su composición química. Esta coevolución se basa en compuestos bioquímicos, estrategias que el hombre ha investigando con mayor detalle en las últimas décadas (Cremllyn, 1982).

En el aspecto aplicado tendrá grandes aportaciones al desarrollo de insecticidas de origen vegetal que en un futuro serán empleados en sustitución de los insecticidas convencionales (Camino, *et al.* 1992). La ecología de las interacciones entre plantas e insectos es un área relativamente reciente donde se involucra el uso de metabolitos secundarios para reducir el número de plagas y a la vez no alterar el equilibrio biológico (Nordlund, *et al.* 1981; Miller y Miller, 1986).

Causas de la defensa natural.

Metabolitos secundarios. El incremento de metodologías fitoquímicas, el aislamiento y la identificación de los químicos de las plantas ha proliferado. En el presente miles de substancias químicas secundarias han sido catalogadas para las angiospermas. La conducta del desarrollo o los efectos fisiológicos de esos químicos en insectos han sido facilitados considerablemente por sus competencias fitoquímicas y los métodos de bioensayos han aumentado considerablemente con el incremento del conocimiento de los químicos secundarios de las plantas.

Las plantas contienen estas substancias causando efectos fisiológicos y de conducta en insectos. En esta conducta los químicos de las plantas pueden afectar a los insectos por la disminución de crecimiento o por la no alimentación. Los químicos decrecen o suprimen la respuesta de la alimentación por varios rechazos, repelos gustativos, alimento disuasivo o antialimentarios (Schoonhoven, 1982).

Todas las plantas durante su ciclo de vida están expuestas al ataque de numerosos microorganismos, herbívoros, insectos, etc. y tienen que soportar condiciones climáticas desfavorables. Por lo que en el curso de la evolución, las plantas han desarrollado mecanismos por los cuales capacitan a sus tejidos a resistir el ataque de organismos potencialmente dañinos y a soportar las condiciones adversas del ambiente (Mendoza, 1989; Berenbaum, 1995). En forma general, las plantas contrarrestan el ataque de los insectos fitófagos mediante características estructurales que actúan como barreras físicas, tales como tricomas, engrosamiento de la pared celular, acumulación de sílice, presencia de espinas, etc. estas barreras físicas impiden o reducen el daño, evitando o limitando la alimentación, locomoción, fijación y oviposición de los insectos; o por medio de reacciones bioquímicas las cuales producen sustancias tóxicas o inhiben el desarrollo de los insectos o los repelen. Algunas de estas sustancias defensivas son los alcaloides, esteroides, fenoles, saponinas, taninos, resinas, aceites, isoprenoides y diversos ácidos orgánicos, conocidos como sustancias o metabolitos secundarios de las plantas, producidos como intermediarios metabólicos con funciones defensivas (Fraenkel, 1959 y 1969; Bernays y Graham, 1988).

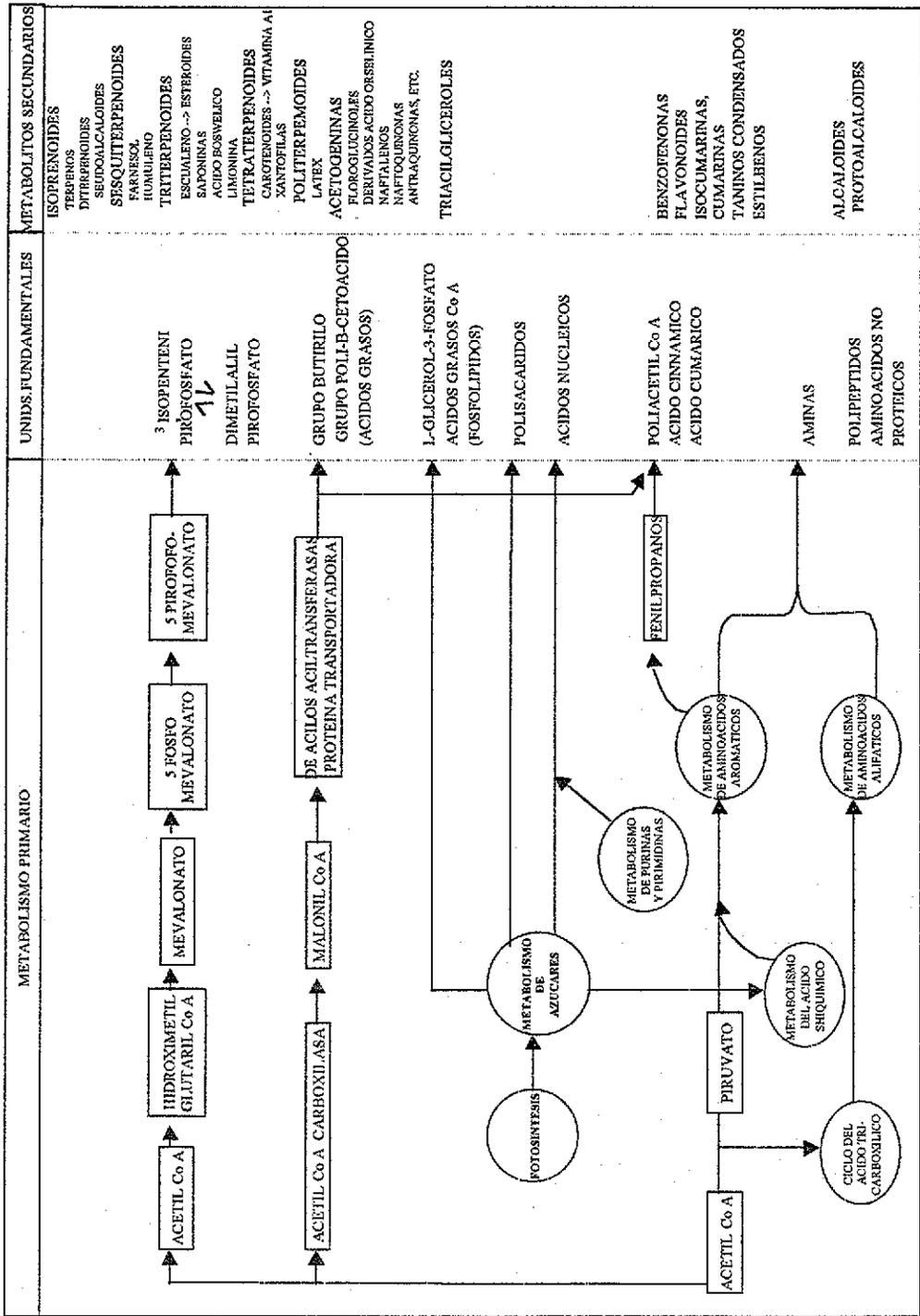
En el cuadro 1, se ilustra un resumen diagramático del metabolismo vegetal y de las unidades sintéticas fundamentales, junto con una lista de metabolitos secundarios selectos. Desde el punto de vista de la biosíntesis, las clases de sustancias secundarias se pueden clasificar por lo menos dentro de dos grupos superiores. Algunas por ejemplo, isoprenoides, acetogeninas, protoalcaloides y verdaderos alcaloides se sintetizan a través de vías simples; otras por ejemplo, los glucosídeos, flavonoides, benzofenonas, ciertas coumarinas, taninos condensados y estilbenos son producto de más de una vía (Maxwell y Jennings, 1984).

ALCALOIDES.- Entre en 15-20% de las plantas vasculares contienen alcaloides, que son compuestos nitrogenados alcalinos. El alcaloide nicotina, presente en *Nicotiana tabacum* L. funciona como alomona contra muchas especies de insectos. Es usado en forma comercial dentro del grupo de "envenenamiento estomacal" (Maxwell y Jennings, 1984).

ACETOGENINAS.- Las unidades del acetato actúan como parte de benzoquinonas, flavonoides, ciertas coumarinas, taninos condensados y estilbenos. La juglona de plantas de la familia Juglandaceae, y DIMBOA (aglucona 2,4 dihidroxi-7 metoxi-1,4 (2h) - benzoxazon-3ona) y otras benzoxazolinonas de *matz*, son dos tipos de moléculas acetógenas que provocan resistencia en las plantas contra insectos (Maxwell y Jennings, 1984).

7
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 1. Diagrama del metabolismo de las plantas (Tomado de Maxwell y Jennings 1984)



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

AROMATICOS DERIVADOS DEL ACIDO SHIQUIMICO Y EL ACETATO.- Compuestos biosintetizados por hibridación química. El grupo incluye a los flavonoides, benzofenonas, algunas cumarinas, lignanos, taninos condensados. La quercitina es un ejemplo con capacidad nociva contra varios ordenes de insectos. En cambio la myristicina, morina y D-catequina (flavonoides) son potencialmente nocivos contra ciertas especies. Estos cuatro flavonoides repelen o inhiben a varias especies o biotipos, pero atraen o excitan a otros (Maxwell y Jennings, 1984).

ISOPRENOIDES. Abarca el grupo de los terpenos en su totalidad (de hemiterpenos hasta politerpenos) donde se han encontrado alomonas entre los monoterpenos, sesquiterpenos, triterpenos, saponinas y otros esteroides. Las investigaciones indican que cada molécula (por ejemplo los monoterpenoides: pineno, 3-careno, gossipol y cucurbitacina) tienen por lo menos un doble papel como mensajeros: amplia gama sobre efectos nocivos como alteraciones de conducta, fisiología sensorial, metabolismo y endocrinología de los insectos. Ciertas plantas como *Pteridium aquilinum* Kuhn, *Achranthes* sp y *Abies balsamea* las cuales contienen hormonas isoprenoidales que alteran las tasas de desarrollo, metamorfosis, fecundidad y longevidad de los insectos (Maxwell y Jennings, 1984).

Dentro de este grupo químico se encuentran los diterpenoides formados por la unión de cuatro unidades isoprenoides, (esqueletos carbonados de 20 átomos) y de acuerdo al número de ciclos que presenta el esqueleto carbonado los diterpenoides se clasifican en: alicíclicos, bicíclicos, tricíclicos, tetracíclicos, pentacíclicos, macrocíclicos y miscelâneos (Maxwell y Jennings, 1984).

Se ha encontrado que algunos diterpenoides bicíclicos y tricíclicos tienen propiedades antialimentarias, antitumorales, fúngicos y antibacteriales (Rodríguez, *et al.* 1987). Algunos ejemplos de diterpenos determinados en México son el ácido hautriwaico de *Dodonea viscosa* Jacq. (Sapindaceae) aislado por García en 1984. Rodríguez, *et al.* en 1987, estudiaron la estructura del ácido kerlinico, aislado de *Salvia keertii* Benth (Labiatae). El compuesto grandifolida A de la planta *Cornutia grandifolida* Schau. (Verbenaceae) aislado por Guerrero, *et al.* en 1991.

Insecticidas vegetales

El control de insectos incluye cualquier medida que mate, elimine o evite su incremento a niveles perjudiciales para el agricultor (Metcalf y Flint, 1965).

Las plantas en el transcurso de la evolución han desarrollado mecanismos de protección para defenderse del ataque de los insectos; entre estos mecanismos tenemos la repelencia y la acción insecticida. Es así como muchas especies de plantas contienen sustancias insecticidas,

algunas de las cuales se han utilizado por el hombre desde tiempos muy remotos (Metcalf y Flint, 1965).

Varios de estos extractos han proporcionado valiosos insecticidas de contacto, los cuales tienen la ventaja de que su uso no provoca contaminación, debido a que son degradados rápidamente en el medio. Algunos ejemplos son la nicotina, anabasina, piretro y sabadilla (Cremllyn, 1982), seguidas de *Tagetes lucida* Cav. "pericón", *Cacalia decomposita* Gray. "matarique", *Abies balsamea* "abeto" y *Helenium mexicanus* H. B. K. "chapus" (Romo, 1976, En: Salgado, 1985).

En algunas especies, cuyos extractos poseen propiedades insecticidas, desde el punto de vista comercial se han aprovechado algunas plantas: tabaco, piretro, derris, riana y la sabadilla (Hassanilli y Lwande, 1989; Norman, 1989), estos productos tienen la ventaja de ser efectivos contra una gran variedad de insectos, además contaminan menos el ambiente en comparación con los insecticidas orgánicos. Con la utilización de extractos acuosos de estas cinco plantas completas aplicados contra los insectos *Periplaneta americana* (L.) (Blattidea) *S. frugiperda* (Noctuidae) y *Sitophilus oryzae* (Linneo) (Curculionidae) ejercieron una toxicidad ligera (Lagunes, et al. 1985).

Existen dos de los mejores grupos conocidos de insecticidas de origen vegetal de plantas: los rotenoides, los cuales se encuentran en las raíces de las leguminosas y las piretrinas de la cabeza de la flor del crisantemo *Chrysanthemum cinerariifolium*. Vis. Otras sustancias que han sido procesadas por su viabilidad son la sikonimna de *Lithospermum erythrorhizon*; la berberina de *Copis japonica*; el ácido rosmarinico de *Coleus blumei* Benth; el geraniol de *Geranium* sp, la digoxina de *Digitalis lanata* Ehrh.. Otros ejemplos son también el flavonol, la rutina, queratina y isoquecitrina los cuales son muy tóxicos en numerosos insectos incluyendo *Heliothis zea*, *H. virescens* (Fabricius) y *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Shaver, et al., 1969; Zenk, et al., 1989, en Kutchan, et al. 1994).

Los triterpenoides y tetranoterpenoides de *Azadirachta indica* (A. Juss.) son activos especialmente en los lepidópteros *Plutella xylostrella* (Linnaeus), *Diaphania hyalinata*, *Stegasta bosquella*, *Anticarsia gemmatilis* (Hübner), *S. frugiperda* y *H. zea*, los minadores de la hoja, en homópteros *Aphis gossypii* (Glover) y *Bemisia tabaci* (Gennadius) y el heteróptero *Corythaica cyathicollis* (Dreyer y Hellpap, 1991).

Los rizomas de *Curcuma xanthorrhiza* Roxb., *C. zedoaria* (Christ.) Roscoe, *Kaempferia galanga*, *K. pandurata*, *Gastrochilus panduratus* y *Boesenbergia pandurata* (Zingiberaceae) fueron analizados como compuestos-insecticidas en bioensayos de contacto de residuos contra

larvas de *Spodoptera littoralis*, resultando con una pronunciada toxicidad los sesquiterpenoides: xanthorrizol y furanoenona (Pandji, et al. 1993).

Se ha demostrado la acción tóxica de un derivado del terpeno denominado piquerol A, aislado de la planta *Piqueria trinervia* Cav. (Asteraceae) sobre larvas de *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegyptii* (Linnaeus) y *S. frugiperda*, en esta última, además de la toxicidad, se encontró un efecto antialimentario (Jiménez y Rodríguez, 1990).

Substancias antialimentarias

Una substancia antialimentaria en insectos, se define como un compuesto que inhibe la alimentación pero no los mata directamente; el insecto, con frecuencia permanece cerca de la planta que contiene estas substancias y puede morir por inanición (Munakata, 1977).

Ciertas substancias de origen vegetal pueden inhibir la alimentación de insectos fitófagos. Estos compuestos antialimentarios actúan a bajas concentraciones donde los insectos las perciben mediante quimiorreceptores y otras estructuras especializadas. En algunos casos ocurre la habituación a la presencia de estas substancias (Schoonhoven, 1982).

Hosozawa, et al. (1974) investigaron 23 especies de plantas pertenecientes a 17 familias contra *Spodoptera litura* donde *Carypteris divaricata*, *Callicarpa japonica* (Verbenaceae) y *Ficus carica* L. (Moraceae) mostraron una actividad antialimentaria de un 80-100% en concentraciones tan bajas como 1%.

En 1974, Hosozawa, et al. probaron el clerodrin un diterpeno a una concentración de 50 ppm en *S. littoralis* con la cual no causo ningún efecto antialimentario. Pero, el mismo clerodrin usado a una concentración de 3.6 ppm causo inhibición de la alimentación del 50% de larvas de *S. litura* (Antonius y Saito, 1981).

Los extractos de hojas y semillas del árbol *A. indica* (Meliaceae) se han reportado como antialimentarios contra la langosta del desierto. Los principios activos, meliantról y azadiractina se aislaron de sus semillas (Naraynan, et al., 1982). Meisner, et al., (1983) señalan que el extracto metanólico seco de las semillas de *A. indica* es un fuerte antialimentario con actividad residual, el cual, entre otros efectos, disminuye el número y peso de larvas de *S. frugiperda*. En pruebas de laboratorio se determino el efecto de azadiractina a diferentes concentraciones contra larvas del segundo y tercer estadio de *Corpitarisia consueta* (Walter) resultado un efecto antialimentario en las concentraciones altas (Espinosa, 1995).

En pruebas de laboratorio se ha demostrado que los extractos acuosos de *Picta elongata*, *Neurolaena lobata* (L.) R. Br., *Salvia purpurea*

Cav. y *Lopezia hirsuta* Jacq. mostraron efectos antialimentarios en larvas del gusano cogollero *S. frugiperda* (Kumul, 1983). En larvas de *S. litura* los compuestos furofuran anillados y los apoxi-diacetatos de trans-decalina actuaron como sinergistas (Geuskens, et al. 1983).

Camino, et al. (1992) probaron el diterpeno grandifolia A (C₂₆, H₃₆, O₅) de *C. grandifolia* (Verbenaceae) el cual presento un efecto antialimentario a 50 y 100 ppm sobre larvas de *S. frugiperda* inhibiendo su alimentación en un 50% y provocando una mortalidad larval de 80-100 %. En otras pruebas de laboratorio se evaluaron 30 plantas al 15% del polvo vegetal agregado en dieta artificial frente a larvas de *S. frugiperda* donde las plantas *Ipomea purpurea* Lam., *Solanum* sp *Crecentia alata* H.B.K., *Leucaena glauca* (L.) Benth, *Sida* sp y *Pithecellobium dulce* Benth presentaron un efecto de inhibición del desarrollo larval (Aldana, et al. 1993). Taboada, et al. (1994) probaron dos diterpenos, la marrubina y la marrubina reducida de *Marrubiun vulgare* L. (Labiatae) contra larvas de *S. frugiperda* concluyendo que la marrubina tiene efecto antialimentario contra la larva provocando una mortalidad mayor del 60%.

Rodríguez, et al. (1982) probaron 82 plantas pertenecientes a 32 familias a través de extractos acuosos de las cuales *Montanoa grandiflora* (DC.) Schultz., *Senecio tolucanus*, *Arctosphylos punges* H.B.K., *Salvia tiliafolia* Vahl., *Brongniartia intermedia*, *Buddleia cosdata* H.B.K., *B. parviflora* H.B.K., *Gaura coccinia* Nutt. y *Alchemilla procumbens*, presentaron efectos antialimentarios sobre *S. frugiperda*. Estos autores recomiendan utilizar las estructuras de las plantas por separado para detectar el lugar de acumulación de sustancias tóxicas para probarlas en el campo y generar técnicas de combáte contra insectos.

Efecto en la actividad normal y cambios morfológicos en adultos

La aplicación de los metabolitos secundarios de las plantas no solo afecta la alimentación y el desarrollo de larva, ninfa, prepupa o pupa sino también se puede manifestar a través de deformaciones y hábitos normales de los insectos. En el escarabajo japonés al realizarse la aplicación tópica de azadiractina a diferentes dosis, ocasiono la mortalidad de larvas, prepupas y pupas, donde algunos insectos lograron llegar a adultos, sin embargo, cuando emergían, algunos morían inmediatamente, y en otros casos el insecto era incapaz de deshacerse completamente de la exuvia. Se observo también élitros atrofiados, abdomen deforme y en algunos casos adultos incapaces de volar y en consecuencia de aparearse (Ladd, et al. 1984).

Rao y Subramanyan, (1987) aplicaron azadiractina sobre *Achaea janata* y *S. litura* donde los individuos lograron desarrollarse hasta el estado adulto, pero, estos presentaron deformaciones y morían inmediatamente después de mudar, otras alteraciones que presentaron

fueron la fijación del abdomen a la exuvia pupal, deformaciones de alas al no expandirse de tamaño normal y el atrofiamiento del cepillo anal de las hembras de *S. litura*.

Espinosa, (1995), concluyó que a concentraciones de 0.1 ppm de Azadiractina sobre larvas de *C. consueta* se encontraron importantes deformaciones morfológicas de los adultos, las cuales afectaron el apareamiento, además que en los adultos normales no se observó oviposición.

Al probar dos diterpenos: la marrubina y la marrubina reducida de *M. vulgare* (Labiatae) contra larvas de *S. frugiperda* se concluyó que también se producen deformaciones de pupas y adultos, en los cuales las alas no se despliegan completamente quedando arrugadas, lo cual las incapacita para volar y copular (Taboada, et al., 1994).

Control de insectos con sustancias tóxicas de plantas

En un estudio realizado por Elbadry, et al., 1971, las larvas de *S. littoralis* que se encontraban con plantas tratadas con *Ricinus communis* (L.) (higuerrilla), emigraron hacia el follaje no asperjado, mientras que en los lotes con aspersión total, se registro un 75% de protección del follaje.

La pasta resultante de la maceración de las semillas de *Trichilia havanensis* (Jacq.) (Meliaceae) en la sierra norte de Puebla se utiliza para impregnar la semilla de maíz durante los tres días en que se humedece, antes de la siembra. Este tratamiento se dice que resulta efectivo para repeler el ataque de plagas durante la germinación (Hernández, et al 1983).

En condiciones de laboratorio se detectaron características tóxicas de los extractos acuosos de *Cestrum nocturnum* (L.) e *Hyppocratea* sp contra en larvas del primer estadio de la conchuela del frijol, *Epilachna varivestis* (Mulsant), por ocasionar en el campo un 60 y 100% de mortalidad del insecto respectivamente, (Mota, 1984). Lagunes, (1989) reportó que de 437 especies de plantas (pertenecientes a 86 familias) probadas en el laboratorio 59 especies son prometedoras para el control del gusano cogollero, *S. frugiperda*.

Kumul, (1983), reporta a nivel invernadero que los extractos de *L. hirsuta* disminuyen el ataque de *S. frugiperda* en un 40% en maíz. En condiciones de invernadero los extractos acuosos de *Hyppocratea* sp mostraron una disminución en el daño del gusano cogollero *S. frugiperda*, aproximadamente en un 80% con relación al testigo, al aumentar el número de aplicaciones el control mejora (González, 1986). Ayala y Lagunes, (1986) estudiaron a nivel de invernadero 18 plantas con diferente número de aspersiones cada una, donde el extracto vegetal de *Hyppocratea* sp, con ocho aspersiones redujo un 80% del daño ocasionado

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

en maíz por *S. frugiperda*, seguido de la planta *Hyppocratea* sp con cinco aspersiones, así como todos los tratamientos con *Trichilia americana* (Sessé & Moç) ocasionaron una reducción de 60% de daños.

En un trabajo realizado por Villar, *et al.* (1990) concluyeron que con la utilización de soluciones acuosas vegetales (extractos e infusiones) de *Trichilia havanensis* (Jacq.), *T. americana* y *R. communus* (L.) contra *S. frugiperda* resultaron tener los rendimientos más altos a niveles de campo.

Con la aplicación de extractos de *A. indica* contra *Heliothis armigera* en garbanzo, se demostró que los daños fueron menores en las vainas frescas y aumento su producción (Dubey, *et al.* 1991). Se reportó con el uso de *A. indica* un 100% de protección durante 14 días del maíz y sorgo contra cinco especies de chapulines acrididos, siendo superior inclusive a los insecticidas dieldrin, cypermetrina, monocrotofós y carbaril (Olaiya, *et al.* 1991). Espinosa, (1995), concluyó que la azadiractina es un producto insecticida que por su acción puede ser una alternativa en el control de *C. consuetata*.

Los extractos de esta planta solo atacan a insectos plagas, no causan toxicidad en parasitoides y depredadores, ni en organismos de sangre caliente. Por lo tanto *A. indica* es un insecticida botánico compatible con el control biológico. Por ejemplo, no se afectó la eclosión, longevidad y reproducción de tres braconidos que parasitaron a larvas de moscas de la fruta tratadas con el árbol de nim (Stark, *et al.* 1992).

Es posible encontrar una serie de productos botánicos alternativos para el control de plagas, siendo los más promisorios aquellos que se encuentran en las familias Meliaceae, Rutaceae, Asteraceae, Malvaceae, Labiatae, Lamiaceae, Canellaceae y Annonaceae (Jacobson, 1989).

Generalidades de *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera:Noctuidae)

Características morfológicas de *S. frugiperda*. El gusano cogollero sufre una metamorfosis completa (huevos, larva, pupa y adulto). Los huevos son de forma oblonga-esferoidal, recién ovopositados son de color claro y cuando están próximos a eclosionar se tornan de verde pálido a oscuro. La hembra deposita huevos en masas entre 10 y 150, llegando a producir hasta más de 1000 a lo largo de su vida. Cada masa esta cubierta de un material algodonoso de color grisáceo, constituido principalmente por escamas de la hembra. Los huevos tienen un período de incubación que varía de tres a cinco días (Nieto y Llanderal, 1982; Kumul, 1983; Martínez, 1983; Lagunes, *et al.* 1985).

Las larvas son cilíndricas, de color café grisáceo o verde pálido; con tres líneas más claras a todo lo largo del cuerpo, una de ellas en la región dorsal, y las otras dos en las zonas laterodorsales. Completamente

desarrolladas pueden alcanzar una longitud de 4 cm. la cabeza es de color pardo claro con reticulación y franjas oscuras, la hipofaringe carece de surco transversal. Pasan por seis estadios, teniendo en total una duración de 14 a 20 días o más, dependiendo de la temperatura (Loya, 1978; Kumul, 1983; Martínez, 1983; Pacheco, 1985; Godfrey, 1987).

Las pupas son de tipo obtecta y su coloración varía entre café rojizo y claro, oscureciéndose conforme se acerca la emergencia del adulto. Inverna en el suelo y tienen una longitud de 2 cm. El estado de prepupa presenta una duración de uno a dos días, mientras que en la pupa es de seis a nueve (Loya, 1978; Kumul, 1983; Martínez, 1983). Presenta dimorfismo sexual en las pupas, cuando los dos últimos segmentos se observan lateralmente haciendo un ángulo abierto con la parte posterior emerge una hembra, pero cuando estos segmentos posteriores son normales lateralmente, el adulto que emerge es un macho (Salgado, 1985).

Los adultos son unas palomillas de hábitos nocturnos, de aproximadamente 2-3 cm. de longitud, por 3-3.5 cm. de expansión alar. Las alas mesotorácicas de los adultos machos son de color pardo muy claro, con algunas manchas oscuras y líneas irregulares pálidas en el centro, mientras que en las hembras son más oscuras, grisáceas y con diseños menos notorios. Las alas metatorácicas son blancas con un borde pardusco irregular (dimorfismo sexual). La frente y el segundo segmento de los palpos maxilares en ambos sexos presentan manchas negruzcas, el vértex, la coxa y el fémur con tonalidad oscura. El abdomen es de color ocre con zonas oscuras y líneas segmentales pálidas, con el penacho o cresta anal amarillo ocre. También se le conoce como *Laphygma frugiperda* (sinonimia) (Huerta, 1979, Kumul, 1983, Martínez, 1983, Morón y Terrón 1988).

Algunos aspectos biológicos de *S. frugiperda*. Pertenece a la familia Noctuidae, un grupo de lepidópteros ampliamente distribuidos en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Se le encuentra volando por las noches y depositando huevos en el envés de las hojas. En México se le encuentra prácticamente en todas las regiones donde se cultiva maíz (Morón y Terrón 1988).

En general se le conoce como "gusano soldado" quizás por la peculiaridad de que, cuando las densidades poblacionales son muy altas, adquieren un comportamiento gregario y marchan de cultivo en cultivo defoliandolos completamente (Hill 1987). Pero también es conocido con el nombre de "gusano cogolloero del maíz" (MacGregor y Gutiérrez, 1983) por su habito de comer las hojas tiernas dobladas (cogollo) el meristemo de desarrollo de la planta y hasta las espigas inmaduras.

Los individuos de esta familia se alimentan principalmente de gramíneas, pero *S. frugiperda* puede alimentarse hasta en 87 especies de plantas de importancia económica, incluyendo ornamentales (Brow y Dewhurst, 1975, Morón y Terrón, 1988) y especies vegetales variadas como alfalfa, frijol, maíz, papa, sorgo, soya, tomate de cáscara y otras plantas silvestres (Morón y Terrón 1988).

Estos hábitos de alimentación se manifiestan por las perforaciones características de las hojas del maíz, además de que llegan a hacer jirones las hojas en desarrollo que aún no se extienden, pueden llegar a defoliar completamente a las plantas maduras. También pueden cortar o minar los tallos a nivel del suelo. De cualquier forma, cuando se presentan en grandes densidades, disminuyen notablemente la producción, aunque la hembra deposita masas de huevos, debido al fenómeno de canibalismo, sólo quedan establecidas una o dos larvas por planta (Morón y Terrón, 1988).

Cuando completa sus estado larvario se dejan caer al suelo y construyen una celda para pupar, o bien, pueden hacerlo en las espigas, elotes o en los mismos cogollos, si las condiciones son las adecuadas, una semana después emergen las palomillas, reanudándose el ciclo. La duración aproximada del ciclo es de 26-35 días o más, dependiendo de las condiciones ambientales. Se pueden presentar varias generaciones por año (Kumul, 1983; Martínez, 1983; Lagunes, *et al.* 1985). Además se le puede encontrar en cualquier estado biológico en el invierno, si las temperaturas no son bajas.

Se han publicado numerosos trabajos e informes técnicos sobre los daños y métodos ensayados de control que incluyen uso de insecticidas sintéticos (Avilés, 1987; Muñoz, 1987) toxinas vegetales y polvos minerales (González y Lagunes, 1986).

Fuentes naturales de principios activos tóxicos o antialimentarios contra Lepidoptera: Noctuidae

Las plantas son una fuente natural de metabolitos secundarios efectivos contra los insectos. En el CeProBi a través del departamento de interacciones planta e insecto se ha realizado la búsqueda y evaluación de plantas contra plagas del maíz como el gusano cogollero *S. frugiperda* (campo) y el hongo fitopatógeno *Aspergillus flavus* Link ex. Fries.(almacén).

En el caso concreto de *S. frugiperda* la selección del uso de las plantas ha sido basada por una parte por revisión de trabajos anteriores y por otra parte por la determinación de plantas que no se les observa problemas de insectos o en su defecto plantas que no presentaron problemas de lepidópteros. En resultados obtenidos por el grupo de investigación del CeProBi se han encontrado especies de la región tales como *Bromelia hemisphaerica*, *C. papaya* L., *Crecentia alata*, *Gronovia*

scandens L., *Leucopremna mexicana*, *Lupinus mutabilis* Sweet, *Lupinus campestris* Cerv., *Phitecellobium dulce* Benth, *Prosopis juliflora* (sw) D.C. y *Verbesina crocata* (Cav.) Less. con un efecto antialimentario y/o tóxico sobre las larvas recién nacidas de *S. frugiperda* a nivel de laboratorio mediante bioensayos en dieta artificial.

Generalidades de *Carica papaya* L. (Caricaceae)

Es un cultivo de regiones tropicales y subtropicales, originario de América tropical entre el sur de México y Costa Rica. Presente en climas cálido, semicálido y semiseco desde los 40 hasta los 1554 m snm. Se desarrolla a temperatura optimas de 25°C, deteniendo su crecimiento con temperaturas inferiores a los 10°C. Se cultiva en huertos familiares, solares y plantíos donde se requiere tener suelos con un buen sistema de drenaje para evitar la muerte de las raíces por asfixia. Las principales variedades son la hawaiana, maradol, mamey y amarilla cera (Guzmán, 1998).

Características morfológicas de *C. papaya*. La papaya pertenece a la división Anthophyta, a la Clase Dicolitiledonea, Subclase Cloripetala y al Orden Parietales y a la Familia Caricaceae donde se encuentran plantas de troncos relativamente grueso de albura blanda, escasamente ramificados con hojas grandes concentradas en los extremos, palmatopartidas y de lóbulos grandes, pecioladas y sin estipulas. Las flores masculinas poseen una corola tubular y diez estambres unidos a ella, mientras que las flores femeninas presentan ovario súpero unilocular con numerosos óvulos en placentación parietal. El género *Carica* comprende cinco especies, entre las más conocidas se encuentran *Carica pubescens* Lenn- Koch (*C. candamarcensis*), *Carica monoica* y el híbrido ecuatoriano *Carica xheilbornii* (*C. pentagona*, *C. chrysopetala*) producido del cruce *C. pubescens* con *C. stipulata*; sin embargo la especie más importante de todas es *Carica papaya* (Guzmán, 1998).

El sistema radical de la papaya se compone de una raíz pivotante que al penetrar en el suelo le sirve de apoyo, cuenta, además con otras raíces grandes y tuberosas que se desarrollan superficialmente, provistas de gran cantidad de raicillas que alimentan a la planta (Guzmán, 1998).

Es una planta herbácea arborescente, de rápido crecimiento, cuyo tallo es recto y cilíndrico descolorido que puede alcanzar en la madurez alturas de 10 m, generalmente es un tallo único, sin embargo, se ramifica cuando se elimina el punto apical o cuando las plantas llegan a la vejez. El tronco esta provisto de un tejido más carnosos que leñosos (Guzmán, 1998).

El follaje esta constituido por una corona compacta de hojas grandes en la parte terminar del tallo, alternas, palmeado lobulares con 7 a 11 lóbulos, de color verde oscuro en el haz, y más claro y con nervios

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

prominentes en el envés. Los pecíolos son largos rectos o ligeramente curvados hacia arriba de la parte distal, pueden alcanzar entre 25 a 70 cm de longitud o más. Las hojas nuevas se desarrollan continuamente y las hojas viejas se secan y se caen (Guzmán, 1998).

C. papaya es una planta dioica, lo que quiere decir es que unas plantas son masculinas y otras son femeninas, pero existen plantas hermafroditas con los dos sexos en la misma planta y existe además un polimorfismo floral donde se han descrito 13 diferentes tipos de flores, estas diferencias florales determinan las formas de los frutos. En términos generales las flores son pequeñas blancas o crema amarillentas, muy fragantes, aparecen una o más de ellas en forma de racimos sobre la inserción de los pecíolos, pero generalmente una sola de ellas desarrolla fruto (Guzmán, 1998).

Los frutos pueden ser alargados, globosos, cilíndricos, elipsoidales o piriformes. Son una baya de color amarillo hasta rojo, maduros son carnosos y dulces. Normalmente tienen gran cantidad de semillas de color oscuro, esféricas de 5 mm de diámetro y recubiertas por una masa gelatinosa, se desarrollan en cinco hileras adheridas a la pared interior del ovario (Guzmán, 1998).

Algunos aspectos químico-biológicos de *C. papaya*. El fruto contiene un aceite esencial con los monoterpenos linalol, 6-7 epoxi-linalol, los óxidos de *cis* y *trans*-linalol, β -*cis*-ocimeno, 2-6-dimetil-octene-triol, y cuatro isómeros del 2-6-dimetil-octadienediol, los alcaloides carpaina y piridina, y el β -caroteno (Everette y Burdick, 1967; Chung, 1971; Argueta, *et al.* 1994).

En la cascara del fruto se ha encontrado también al β -caroteno, así como ϵ -caroteno, criptoxantina, su derivado monoepoxy criptoxantina y licopeno (Argueta, *et al.* 1994).

Del látex del fruto se han aislado las enzimas proteolíticas papaína, quimopapaína, quimopapaína A, y un compuesto azufrado, el benzilglucosinolato (Everette y Burdick, 1967; Chung, 1973; Argueta, *et al.* 1994).

En las hojas el ácido caféico, β -sitosterol, carpaina, dehidrocarpaina I y II, pseudo-carpaina, cotinina, miosmina, nicotina y colina (Head and Lauter, 1956; Govindachari, *et al.* 1965; Everette y Burdick, 1967; Ogan, 1971; Chung, 1979; Argueta, *et al.* 1994).

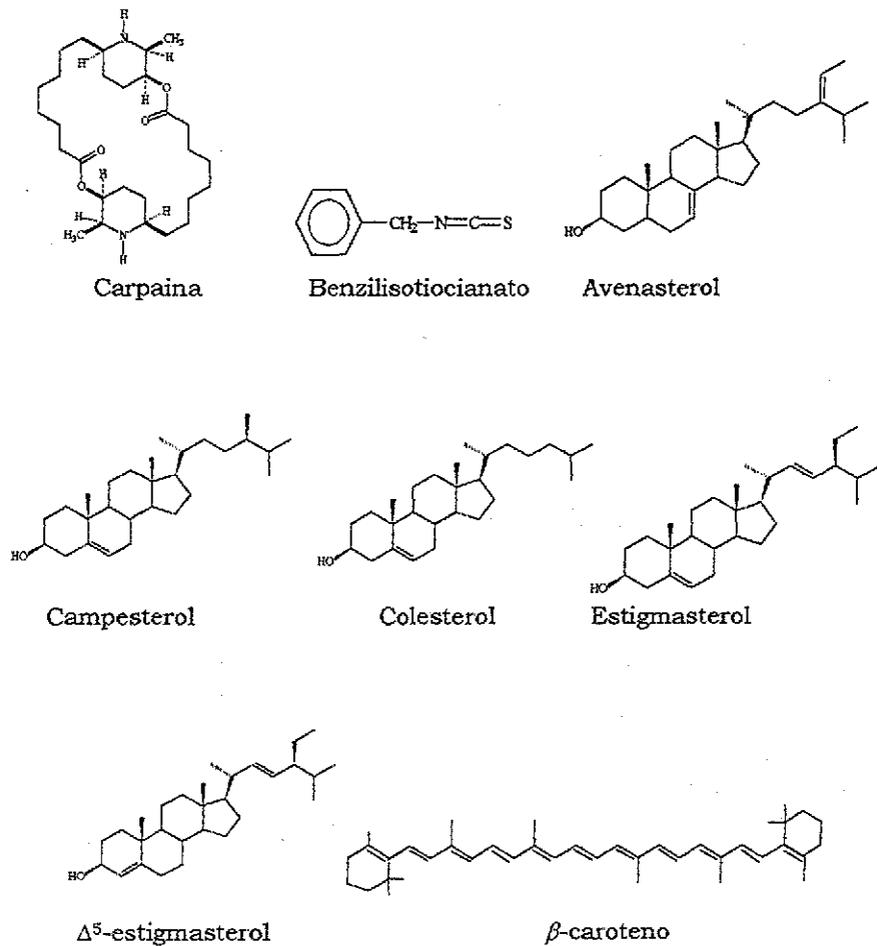
De las semillas se han identificado los alcaloides carpaina, caspasamina, los compuestos azufrados carpasemina y benzil-tiocinato, además un aceite fijo que contiene los esteroides dehidro-avenasterol,

campesterol, colesterol, estigmasterol y delta-5-estigmaterol y el β -caroteno (Govindachari, *et al.* 1965; Everette y Burdick, 1967; Chung, 1971; Chung, 1973; Chung, 1979; Argueta, *et al.* 1994). Las formas estructurales de algunos de estos compuestos se ilustran en la figura 1.

Se ha reportado una actividad antihelminítica del extracto etanólico de las semillas, del jugo del fruto y del látex del tallo sobre *Ascaridia galli*, y del extracto acuoso de la semilla probado sobre *Ascaris lumbricoides*. Las fracciones proteicas obtenidas de hojas, semillas, pulpa y cáscaras del fruto, ejercen una actividad antibiótica contra *Bacillus sereus*, *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* y *Shigella flexneri* y solo con las fracciones de la pulpa del fruto sobre *Proteus vulgaris*, *Salmonella typhimurium* y *Streptococcus faecalis*. Además, el látex y los extractos acuoso y de éter de petróleo de la raíz son activos contra varias especies de *Candida*, el extracto acuoso de las hojas contra *Mycobacterium tuberculosis*, y el extracto etanólico de la raíz contra *E. Coli* y *Staphylococcus aureus* (Argueta, *et al.* 1994).

Como principios activos, la papaína favorece la digestión de proteínas y como agente antitóxico para las toxinas de difteria y tetanos. En aplicación externa favorece la cicatrización de heridas. La carpaina inhibe el crecimiento *in vitro* de *Mycobacterium tuberculosis* (Argueta, *et al.* 1994).

Figura 1. Compuestos químicos presentes en las semillas de *C. papaya* (tomado de Govindachari, *et al.* 1965; Everette y Burdick, 1967; Chung, 1971; Chung, 1973; Chung, 1979).



MATERIALES Y METODOS

EVALUACIÓN DE *S. frugiperda* EN DIETA ARTIFICIAL

Colecta y cría de *S. frugiperda*. Se realizaron colectas de larvas de *S. frugiperda* en cultivos de maíz en Yautepec, Morelos. Todas las larvas colectadas fueron llevadas al laboratorio y fueron alimentadas con hojas de maíz recién germinado y/o con una dieta meridica (Singh, 1977) modificada por (Mihn, 1984). La forma de preparar los ingredientes y los métodos de cría se detallan en los apéndices I y II. El objetivo de tener una cría de *S. frugiperda* fue asegurar la disponibilidad constante de los estados biológicos del insecto y libre de enfermedades y enemigos naturales para asegurar la efectividad de las pruebas biológicas. Todas las larvas utilizadas en las pruebas biológicas fueron alimentadas con hojas de maíz (recién emergidas) y puestas en ayuno durante 4 h antes de realizar los bioensayos. El trabajo experimental se realizó en cuatro etapas las cuales se realizaron de la forma siguiente:

Colecta de plantas. La determinación del uso de las plantas a evaluar fue a través del análisis de resultados de los proyectos de investigación (DEPI-912270 y DEPI-945315) realizados en el Departamento de Interacciones Bioquímicas entre plantas e insectos del CeProBi-IPN localidad de San Isidro (Yautepec, Morelos) seleccionando las plantas que presentaron un efecto tóxico y/o antialimentario sobre larvas y pupas de *S. frugiperda* (Aldana, 1992; Camino, *et al.* 1992; Aldana, *et al.* 1993; Taboada, *et al.* 1994; Martínez, *et al.* 1996; Camino *et al.* 1998; Figueroa, *et al.* 1998; Valdés, 1999) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Selección de plantas usadas para la evaluación de las pruebas biológicas.

planta	nombre común	familia	Parte usada
<i>Bromelia hemisphaerica</i>	timbiriche	Bromeleaceae	semillas
<i>Crecentia alata</i>	cuatecomate	Bignoniaceae	hojas
<i>Gronovia scandens</i>	chichicaxtle	Loasaceae	hojas
<i>Carica papaya</i>	papaya	Caricaceae	semillas
<i>Leucopremna mexicana</i>	cuaguayote	Caricaceae	semillas
<i>Lupinus mutabilis</i>	lupinus	Leguminosae	semillas
<i>Lupinus campestris</i>	lupinus	Leguminosae	semillas
<i>Pithecellobium dulce</i>	guamuchil	Leguminosae	hojas
<i>Prosopis juliflora</i>	mezquite	Leguminosae	hojas
<i>Verbesina crocata</i>	capitaneja	Compositae	hojas

Para la colecta de estas plantas, se realizaron recorridos en diferentes localidades del estado de Morelos obteniendo ejemplares frescos de las plantas (semillas y/o hojas) según la planta a prueba, en

septiembre de 1997. Todas las plantas fueron identificadas por especialistas del herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN (cuadro 2).

Preparación de los polvos vegetales. Todo el material vegetativo (hojas ó semillas) fue secado durante 15 días bajo la sombra para que no perdieran sus propiedades químicas. Una vez, secas las plantas se trituraron con ayuda de un molino. Los polvos fueron pesados al 15% (8.4 g) y agregados a la dieta artificial (Apéndice II).

Bioensayo en dieta artificial con polvos vegetales. La prueba consistió en mezclar el 15% (8.4 g) de los polvos vegetales con la dieta artificial, colocando 6 ml de la mezcla dieta-polvo vegetal en viales de 3 cm de altura x 3.5 cm de diámetro y una vez que hubo gelificado se colocaron como indicadores biológicos larvas del primer estadio con un tamaño de muestra/tratamiento de $n=30$. El testigo consistió solo de dieta artificial sin el polvo vegetal (Apéndice II). Los viales fueron colocados con una temperatura ($25^{\circ}\text{C} \pm 1.5$) y humedad relativa ($70\% \pm 5\%$) y un fotoperiodo luz-oscuridad de 16:00-08:00 h en una cámara de cría. Una vez que las larvas puparon, las pupas fueron colocadas en recipientes de 1 l (recubiertos con papel secante) donde emergieron los adultos que fueron alimentados con una solución de azúcar al 5% (5 g/100 ml agua).

Los registros de la evaluación de las variables se iniciaron a partir de las 24 h postratamientos, siendo:

- (1) Mortalidad de estados: larvas, pupas, no-emergencia del adulto y eclosión de huevos. Se hicieron observaciones a las 24 y cada 24 h de exposición a los tratamientos.
- (2) Suma de crecimiento: peso de larvas (10 días) y pupas (esclerotización total). Utilizando el análisis estadístico: comparación múltiple con grupo testigo (Kruskal-Wallis).
- (3) Proporción de crecimiento: duración de crecimiento de larvas, pupas y adultos (expresado en días).
- (4) Incidencia de anomalías anatómicas: deformación de larvas (parálisis, inhabilidad), pupas (pupas "síndrome") y adultos (alas arrugadas-reproducción).
- (5) Fecundidad: viabilidad de huevos y número de huevos por tratamiento.

De esta prueba se llega a la conclusión que el polvo de semillas de *C. papaya* fue el que presentó los mejores resultados de mortalidad (100%) sobre las larvas del primer estadio de *S. frugiperda* (cuadro 2). Para

reafirmar este resultado se decidió realizar otra prueba biológica con dieta artificial, con el polvo de *C. papaya* sobre *S. frugiperda*.

Bioensayo en dieta artificial con *C. papaya*. Se utilizó la misma metodología igual que el bioensayo en dieta artificial con los polvos vegetales con la variante de usar tres concentraciones: 5% (2.8 g), 10% (5.6 g) y 15% (8.4 g) de *C. papaya* (apéndice II) y se colocaron como indicadores biológicos larvas de 1000 mg Larval⁻¹ con un tamaño de muestra/tratamiento de n=20.

Los resultados indicaron que el mejor polvo vegetal al 15% (8.6 g) fue el de *C. papaya* contra las larvas del primer estadio de *S. frugiperda* (100% mortalidad) y las concentraciones al 15 y 10% de *C. papaya* sobre larvas de 1000 mg Larval⁻¹ (100 y 85% mortalidad).

EVALUACIÓN DE *S. frugiperda* CON EXTRACTOS DE *C. papaya*

Con estos resultados, se evaluaron las semillas, flores y hojas de *C. papaya* en estado fresco o polvo, en cuatro concentraciones cada parte de la planta, en tres diferentes disolventes: hexano, acetona y agua. Evaluados en tres diferentes bioensayos: toxicidad de contacto, toxicidad fulminante y toxicidad por administración oral, para determinar en que forma, y a que concentración(es) de la planta, como cual tipo de disolvente y bioensayo se obtendrían los mejores resultados de *C. papaya* sobre *S. frugiperda*. Para realizar esta etapa se siguió la siguiente metodología:

Colecta de semillas, flores y hojas de *C. papaya*. Las hojas y flores fueron colectadas de una plantación de *C. papaya* ubicada en el CeProBi-IPN. Las semillas fueron obtenidas de la compra de un lote de frutos de la variedad mamey en el mercado municipal de Cuernavaca. La obtención, secado y triturado del material vegetal se realizó en junio de 1998.

Extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de *C. papaya*

Extractos de *C. papaya* en polvo. Se pesaron y usaron los polvos de *C. papaya* en cuatro concentraciones: 5% (2.8 g), 10% (5.6 g), 15% (8.4 g) y 20% (11.2 g) (apéndice II). La maceración de los polvos vegetales fue realizada con diferentes disolventes: hexano, acetona y agua (estos representan un rango amplio de polaridades) desde lo menos polar del hexano hasta lo más polar del agua. El método de extracción secuencial fue maceración a luz-oscuridad ambiental, el material vegetal fue depositado en matraces erlermeyer de 1 l, agregando 100 ml de los disolventes, los cuales se dejaron en extracción durante 24 h, después de este tiempo se filtro la mezcla para eliminar el polvo vegetal y poder usar el extracto.

Extractos de *C. papaya* fresca. El material fresco de las semillas, hojas y flores se trituró y peso en las cuatro concentraciones en el

momento que fue cortado. La demás metodología fue la misma que se usó en los extractos de *C. papaya* en polvo.

Bioensayo de toxicidad de contacto. Se preparó y colocó dieta artificial (4 ml) en viales de 3 cm de altura x 3.5 cm de diámetro en la cual se aplicó una concentración de 1 g/cm³ de los extractos hexánicos, acetónicos y acuosos. La mezcla dieta-extracto se secó a temperatura ambiente durante 24 h donde se usaron como indicador biológico larvas de 50 mg Larval⁻¹ con un tamaño de muestra/tratamiento de n=10. Los testigos solamente fueron preparados con 1 ml de cada uno de los disolventes usados. Se tomaron registros de mortalidad a las 2, 3 y 5 h. Las larvas sobrevivientes se incorporaron a la dieta artificial sin ningún extracto para que terminaran su período larval en la cámara de cría.

Las variables tomadas en cuenta en esta prueba fueron el número de pupas normales y número de adultos totales. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de comparación múltiple (Kruskal-Wallis), en el que compararon los tipos de extractos, las formas de la planta y diferentes concentraciones en cada experimento.

Bioensayo de toxicidad fulminante. Se usó 1 g/cm³ de extractos en los viales totalmente vacíos, agregando 4 ml de extracto/vial. Estos viales fueron tapados durante 1 h y transcurrido este tiempo la tapa fue separada y colocada en otros viales totalmente inertes, los cuales contenían larvas 50 mg Larval⁻¹ con un tamaño de muestra/tratamiento de n=10. En los testigos solo se usaron las tapas impregnadas con cada uno de los disolventes. Los registros se tomaron a los 15, 30, 45 y 60 minutos postratamientos. Se evaluó la mortalidad de las larvas por el tiempo de exposición de las mismas en los tratamientos.

Bioensayo de toxicidad por administración oral. Estos bioensayos se realizaron siguiendo la técnica propuesta por Kato, *et al.* (1972) con la variante de usar más cantidad de alimento. La técnica consistió en hacer impregnaciones de pedazos de hojas de maíz (4 x 3 cm) durante 10 segundos en las soluciones de los diferentes extractos. Estos pedazos de hoja de maíz se pusieron en hojas de papel para evaporar el disolvente durante 1 h y posteriormente se colocaron los pedazos de hojas en cajas petri donde se incorporaron larvas del primer estadio con un tamaño de muestra/tratamiento de n=10. Las cajas petri se sellaron con plástico autoadherible para evitar que las larvas se salieran. Los testigos consistieron de pedazos de hojas de maíz impregnadas únicamente con cada uno de los disolventes. Las pupas se dejaron en las mismas cajas petri y al emerger los adultos, estos se colocaron en parejas en bolsas de papel ceroso para determinar la viabilidad pertinente de cada tratamiento. Los registros de mortalidad se iniciaron a las 2, 24 y cada 24 h de puestos los tratamientos en todo el ciclo del insecto. Los registros de la evaluación

de las variables fue el mismo que el bioensayo con dieta artificial con los polvos vegetales.

Los resultados de la segunda etapa indicaron que el mejor estado de la planta fue el fresco, el mejor disolvente fue la acetona y el mejor tipo de bioensayo fue el de administración oral.

ESTUDIOS FITOQUÍMICOS

Con los resultados descritos anteriormente, se determino realizar separaciones de los compuestos de las semillas de *C. papaya* con el fin de ver cual o cuales de esos compuestos presentaban actividad insecticida sobre *S. frugiperda*. La utilización de la metodología se describe a continuación:

Pruebas químicas. Los análisis químicos de *C. papaya* fueron hechos en dos fases: (1) laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias de la U.N.A.M. y (2) laboratorio de Productos Naturales del Centro de Investigaciones Químicas de la U.A.E.M.

Primera fase.

Extractos acetónicos y hexánicos (en frío o caliente) de semillas de *C. papaya*. Se prepararon extractos acetónicos y hexánicos (en frío y caliente) utilizando 3 g de semillas frescas o en polvo por 100 ml de disolvente, dejándose en extracción 24 h. El material vegetal en polvo o fresco fue filtrado y concentrado con ayuda de un rotavapor obteniendo alrededor de 600 mg por extracto.

Análisis comparativo de los extractos acetónicos y hexánicos (en frío o caliente). Se realizaron en cromatoplasmas de silicagel los perfiles cromatográficos de los extractos de las semillas (en frío o caliente) las cuales fueron eluidas en *n*-hexano-acetato de etilo (80:20) La conclusión de este análisis demostró un contenido químico similar en todos los extractos. Con lo que se decidió trabajar con el extracto acetónico de semillas frescas, el cual fue sometido a la separación de fracciones por cromatografía en columna de la siguiente manera:

Cromatografía en columna de semillas frescas de *C. papaya*. Se pesaron 3 g del aceite del extracto acetónico de semillas frescas y se sometieron a cromatografía en columna (CC) aplicándolos en una columna empacada con 30 g de silicagel (0.063-0.200, Merck) para obtener grupos de mezclas menos complejas que la original para ello se inicio la elución de la columna con *n*-hexano 100% y realizando cambios de gradientes agregando acetona para aumentar la polaridad del sistema. Se colectaron 46 fracciones de 250 ml. La reunión de fracciones se realizó de acuerdo a la homogeneidad que presentaban en su análisis en cromatografía con placa fina CCF (cuadro 3) el cual se llevo a cabo a lo largo de todo el proceso cromatográfico.

Cuadro 3. Análisis de fracciones por cromatografía en columna del extracto acetónico de semillas frescas de *C. papaya*.

Fracciones	Elución n-hexano:acetona	Reuniones
1 - 10	100:0	no se reunieron
11 - 20	80:20	16-17
21 - 33	40:60	31-32
34 - 38	30:70	no se reunieron
39 - 46	10:90	no se reunieron

Fueron seleccionadas las dos reuniones y varias fracciones de acuerdo a su similitud química para la prueba biológica.

Bioensayo de toxicidad por administración oral de extractos acetónicos y hexánicos (frío y caliente) de *C. papaya*. La metodología empleada fue igual que el bioensayo por administración oral de los extractos de semillas, hojas y flores de *C. papaya* con la variante de usar 600 mg/15 ml de acetona en los extractos acetónicos y hexánicos procesados en frío o caliente, como todo el contenido de las reuniones o fracciones del extracto acetónico en frío de las semillas frescas/15 ml de acetona (cuadro 4).

Cuadro 4. Utilización de los diversos extractos, y las fracciones y reuniones del extracto acetónico de las semillas frescas de *C. papaya* contra larvas del primer estadio de *S. frugiperda*.

No.	Tratamientos
1	extracto de hexano en caliente
2	extracto de hexano en frío
3	extracto de acetona en caliente
4	extracto de acetona en frío
5	extracto de acetona en frío 16-17
6	19
7	20
8	30
9	31-32
10	33
11	38
12	41
13	42
14	43
15	44
16	45
17	46

Los registros de la evaluación de las variables fueron la mortalidad, desarrollo y peso larval de *S. frugiperda*.

Los resultados indicaron que los extractos acetónicos y hexánicos en frío y caliente, como la fracción 45 y la reunión 16-17 del extracto acetónico en frío presentaron resultados positivos con un 50 % o más de mortalidad de *S. frugiperda* con lo que se determinó que en estas fracciones se encuentra un efecto tóxico y al mismo tiempo se verificó que los extractos hexánicos y acetónicos son similarmente significativos. Por lo que se determinó volver a preparar extractos de acetónicos y hexánicos en frío de las semillas en polvo y frescas de *C. papaya* de la siguiente forma:

Segunda preparación de extractos acetónicos y hexánicos en frío de semillas de *C. papaya*. Se prepararon extractos acetónicos y hexánicos de semillas en polvo y frescas (978 g) en un 1 l de acetona o hexano, los cuales se dejaron en extracción 24 h y fueron concentrados con ayuda de un rotavapor. Los concentrados de los extractos acetónico (15.4251 g) y hexánico (12.9786 g) de semillas en polvo fueron obtenidos libres de agua, mientras que los extractos acetónico y hexánico de las semillas frescas presentaron gran cantidad de agua y su eliminación se realizó de la siguiente manera:

Figura 2. Extracción de los extractos acetónicos y hexánicos en frío de semillas frescas de *C. papaya*



El contenido total del concentrado de los extractos hexánico y acetónico de las semillas frescas fue de 17.7236 y 17.5527 g respectivamente.

Segundo análisis comparativo de extractos acetónicos y hexánicos de semillas de *C. papaya*. Con los concentrados finales de todos los extractos se realizaron perfiles cromatográficos para ver si presentaban un contenido químico similar realizando placas comparativas de la siguiente manera:

Cuadro 5. Análisis de perfiles cromatográficos de extractos acetónicos y hexánicos en frío de semillas en polvo y frescas de *C. papaya*.

extractos					elución en placa
Semillas en polvo	semillas frescas	s.f. fase acuosa	s.f. fase hexano	s.f. fase acetato de etilo	hexano-acetona (80:2)
Semillas en polvo		s.f. fase hexano		s.f. fase acetato de etilo	hexano-acetato de etilo (80:2)
Semillas en polvo		semillas frescas		s.f. fase acetato de etilo	acetato de etilo-hexano (80:20)
Semillas en polvo		semillas frescas		s.f. fase acuosa	acetato de etilo-metanol (80:20)

s.f. = semillas frescas

Con este análisis se reafirmó un contenido químico similar en todos los extractos por lo que se decidió trabajar con los extractos acetónicos.

Segunda fase.

Extractos acetónicos de semillas frescas y en polvo de *C. papaya*. Se prepararon extractos acetónicos de semillas en polvo (440 g) y frescas (687.5 g) en un 1 l de acetona, los cuales se dejaron en extracción 24 h (dos veces) y fueron concentrados con ayuda del rotavapor. El concentrado del extracto acetónico de las semillas en polvo se obtuvo libre de agua (67.5 g), mientras que el extracto de las semillas frescas tuvo gran cantidad de la misma. La eliminación del extracto de semillas frescas se realizó de la siguiente manera:

Figura 3. Segunda extracción del extracto acetónico de semillas frescas de *C. papaya*.



Tercer análisis comparativo de los extractos acetónicos de semillas frescas y en polvo de *C. papaya*. Se realizaron placas comparativas DC-alifolien (kiesegel 60 F254, 20x20 cm x 0.2mm Merck) de los extractos finales de las semillas en polvo y frescas, las cuales fueron eluidas en *n*-hexano-acetato de etilo (80:20) y diclorometano-acetona (70:30). La conclusión de este análisis demostró un contenido químico

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

similar en todos los extractos. Con lo que se decidió trabajar con el extracto acetónico de semillas en polvo, el cual fue sometido a la separación de fracciones por cromatografía en columna de la siguiente manera:

Cromatografía en columna de semillas en polvo de *C. papaya*. El producto total del extracto acetónico de las semillas en polvo (67.5 g) se sometió a cromatografía en columna, adsorbiéndolo en 75 g de silicagel (60:230, Merck) y aplicándolo en una columna empacada con 250 g de silicagel. La elección de la columna se inició con *n*-hexano 100% y se realizaron cambios de gradientes agregando acetona. Se colectaron 132 fracciones de 300 ml. La reunión de fracciones se realizó de acuerdo a la homogeneidad que presentaban en su análisis en cromatografía con placa fina CCF (cuadro 6) el cual se llevo a lo largo de todo el proceso cromatográfico.

Bioensayo de toxicidad por administración oral del extracto acetónico de semillas en polvo de *C. papaya*. Se realizó un análisis para ver cuales reuniones de las fracciones serian evaluadas (cuadro 6) contra larvas del primer estadio de *S. frugiperda*. La metodología empleada fue igual que el bioensayo por administración oral de los extractos de semillas, hojas y flores de *C. papaya* con la variante de usar 1000 mg de las reuniones/15 ml de acetona. Se realizaron dos repeticiones de los tratamientos y un tamaño de muestra/tratamiento de n=10.

Cuadro 6. Utilización de reuniones originales del extracto acetónico de semillas en polvo de *C. papaya* contra larvas del primer estadio de *S. frugiperda*.

grupo químico	reuniones
A	3-7
B	10-16
C	18-25
D	26-29
E	30-41
E	42-49
F	59-76
G	85-100
G	111-120

EL registro de la evaluación de las variables fueron la mortalidad, desarrollo y peso larval de *S. frugiperda*.

Los resultados indicaron que las reuniones: 18-25, 26-29, 30-41, 42-49, 85-100 y 111-120 presentaron resultados con un 50% ó más de mortalidad sobre larvas del primer estadio de *S. frugiperda*.

Por lo que se determino realizar la purificación de los metabolitos secundarios a través de recromatografías de varias reuniones originales del extracto acetónico de semillas en polvo de *C. papaya* (figura 4).

La determinación estructural de los metabolitos secundarios de esta especie se efectuó mediante la aplicación de las técnicas espectroscópicas de infrarrojo (IR), resonancia magnética nuclear de hidrogeno y carbono trece (RMN y RMN¹³C y, espectrometría de masas (EM) respectivamente. Estos análisis fueron realizados en el Centro de Investigaciones Químicas de la UAEM por la Dra. Ma. Yolanda Rios Gómez y la M. en C. Angélica Berenice Aguilar Guadarrama.

Con la purificación de los metabolitos secundarios, varios de ellos fueron evaluados (figura 4) sobre *S. frugiperda*.

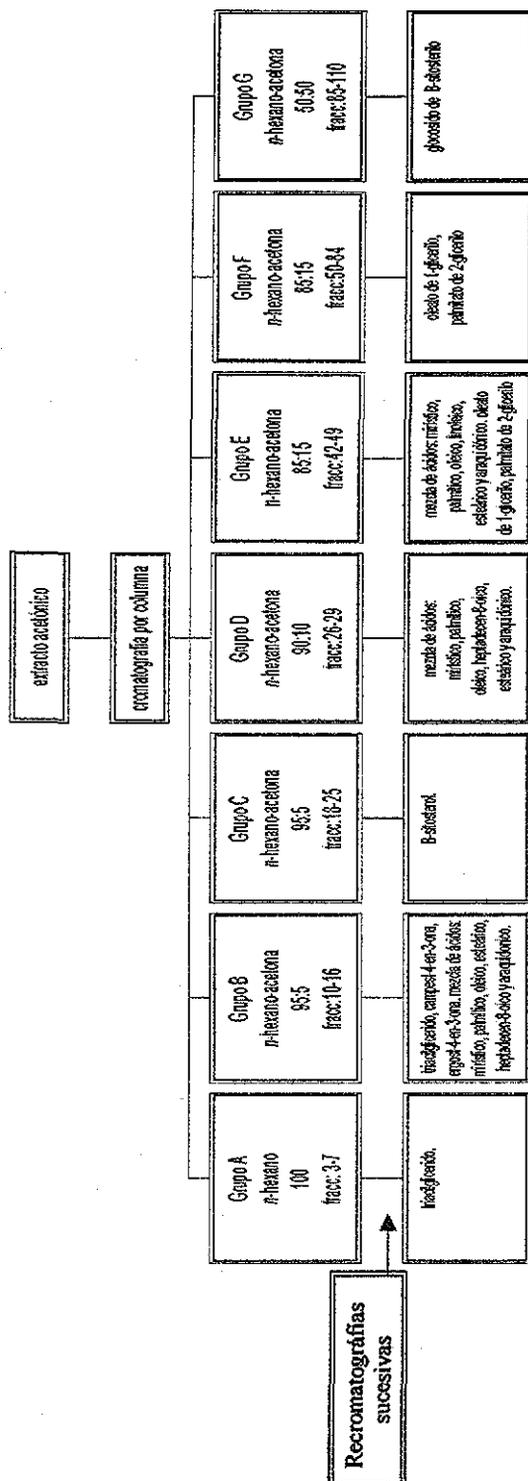
Bioensayo de toxicidad por administración oral con los compuestos puros del extracto acetónico de las semillas en polvo de *C. papaya*. La metodología empleada fue igual que el bioensayo por administración oral de los extractos de semillas, hojas y flores de *C. papaya* con la variante de usar 100 mg de los compuestos puros/1.5 ml de acetona sobre larvas del primer estadio y de 50 mg Larval⁻¹ de *S. frugiperda* con un tamaño de muestra/tratamiento de n=10.

Los registros de la evaluación de las variables fueron la mortalidad, desarrollo y peso larval de *S. frugiperda*.

PRUEBA EN INVERNADERO

Se utilizaron los extractos acuosos de las semillas, flores y hojas de *C. papaya* en concentraciones del 5% (2.8 g), 10% (5.6 g), 15% (8.4 g) y 20% (11.2 g) disueltas en 100 ml de agua y como indicador biológico se colocaron larvas del tercer estadio (50 mg Larval⁻¹) de *S. frugiperda*. Inicialmente se colocó sustrato estéril (písmor) en macetas de plástico de 20 cm de alto por 20 cm de ancho donde se sembraron cinco semillas de maíz mejorado. Después de la germinación y crecimiento vegetativo de las plantas (15 cm) se escogieron las tres mejores plantas, eliminando dos plantas por maceta. Todos los tratamientos tuvieron cinco repeticiones. Posteriormente se colocaron tres larvas de 50 mg Larval⁻¹ de *S. frugiperda* por maceta. La aplicación de los extractos acuosos se realizó con un atomizador en cada tratamiento. La infestación se realizó a las 24 h después de la aplicación de los extractos. El tratamiento testigo consistió en rociar solamente agua a las plantas a las 24 h después de la aplicación de los extractos.

Figura 4. Fraccionamiento de metabolitos secundarios de *C. papaya*.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El registro de la evaluación se realizó cada tercer día durante 15 días (tiempo promedio de duración del estadio larval), a través de la utilización de una escala arbitraria de la siguiente forma:

1 = planta sana; 2 = planta con 1% a 25% de daño; 3 = planta con 26% a 50% de daño; 4 = planta con 51% a 75% de daño y 5 = planta con 75% a totalmente dañada (100%).

No se realizó un análisis estadístico porque los valores son estimativos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESULTADOS

EVALUACION DE *S. frugiperda* EN DIETA ARTIFICIAL Bioensayo en dieta artificial con polvos vegetales.

Mortalidad, pupación y emergencia de adultos. Con el polvo de *C. papaya* se registró una mortalidad del 100% de larvas a las 24 h del postratamiento, mientras que los polvos de *B. hemisphaerica* y *P. juliflora* registraron una mortalidad del 53.33 y 49.99% respectivamente, entre los periodos larval y pupal del insecto. Incluso en estas dos plantas se registro más mortalidad del periodo pupal que del periodo larval. Los demás polvos vegetales no presentaron valores significativos con respecto al testigo, el cual registro una mortalidad de 0 ó 6.66% (cuadro 7).

El porcentaje de pupación no fue significativo en ningún polvo, en cambio si fue significativo el porcentaje en emergencia de adultos del polvo de *B. hemisphaerica* con 46.67% comparado con el 100% en la emergencia de adultos del testigo (cuadro 7).

Cuadro 7. Porcentajes de mortalidad, pupación y emergencia de adultos de *S. frugiperda* tratado con polvos vegetales al 15% (8.4 g) en dieta artificial.

tratamientos	% mortalidad			porcentaje pupación	porcentaje emergencia
	larva	pupa	total		
testigo	0	6.66	6.66	93.34	93.34
+ <i>Carica papaya</i>	100	0	100	0	0
* <i>Prosopis juliflora</i>	16.66	33.33	49.99	83.54	50.01
* <i>Verbesina crocata</i>	20	6.66	26.66	80	73.34
+ <i>Lupinus campestris</i>	13.33	23.33	36.66	86.67	63.34

tratamientos	% mortalidad			porcentaje pupación	porcentaje emergencia
	larva	pupa	total		
testigo	0	0	0	100	100
+ <i>Leucopremna mexicana</i>	16.66	0	16.66	83.34	83.34
* <i>Crecentia alata</i>	30	6.66	36.66	70	63.34
* <i>Pithecellobium dulce</i>	26.66	0	26.66	73.34	73.34
+ <i>Bromelia hemisphaerica</i>	23.33	30	53.33	76.67	46.67
* <i>Gronovia scandens</i>	13.33	6.66	19.99	93.56	80.01
+ <i>Lupinus mutabilis</i>	20	3.33	23.33	80	76.67

+semillas. *hojas.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Suma de crecimiento (peso). El polvo de *P. dulce* resultó ser el más significativo ($q=8.572$, $\alpha<0.05$) con respecto al testigo y este resultado va correlacionado con el efecto de la alimentación expresado por esta misma planta. Otros polvos que también resultaron significativos fueron *C. alata*, *V. crocata* y *L. mutabilis* con valores significativos ($q=6.433$, $q=3.119$ y 2.962 , $\alpha<0.05$). Los demás polvos no presentaron diferencia significativa (cuadro 8). En los resultados de los pesos de las pupas no se encontraron diferencias significativas en todos los polvos con respecto al testigo. En el polvo de *C. papaya* no se evaluó este parametro por registrar un 100% de mortalidad larval con esta planta.

Cuadro 8. Diferencia de peso larval (10 días) de *S. frugiperda* tratado con polvos vegetales al 15% (8.4 g) en dieta artificial.

comparación: testigo-polvo vegetal

comparación	trat. dif.	q	$\alpha<0.05$
testigo vs <i>Verbesina crocata</i>	36.2	3.119	si
testigo vs <i>Leucopremna mexicana</i>	12.2	1.039	no
testigo vs <i>Lupinus campestris</i>	11.3	1.063	no
testigo vs <i>Prosopis juliflora</i>	8.9	0.826	no

comparación	trat. dif.	q	$\alpha<0.05$
testigo vs <i>Pithecellobium dulce</i>	138.1	8.572	si
testigo vs <i>Crecentia alata</i>	108.9	6.433	si
testigo vs <i>Lupinus mutabilis</i>	48.2	2.962	si
testigo vs <i>Bromelia hemisphaerica</i>	40.4	2.449	no
testigo vs <i>Gronovia scandens</i>	31.1	1.952	no

Proporción de crecimiento de *S. frugiperda*.

Efecto de la alimentación y desarrollo. Usando el polvo de *P. dulce* las larvas del primer estadio mostraron repelencia al alimento, encontrándose enrolladas, o bien, sobre las paredes del vial o la tapa. Con *P. dulce* se registró una marcada diferencia del tiempo de desarrollo con respecto al testigo, por que el periodo larval fue de 41 días con *P. dulce*, mientras que en el testigo fue de 19 días, existiendo una diferencia de 22 días. Aunado a esto, el periodo pupal del insecto con *P. dulce* tardó 13 días, tres días más comparado con los 10 días registrados en el periodo pupal del testigo (cuadro 9).

Con los polvos de *C. alata* y *L. mexicana* también se alargó el periodo larval con 25 y 24 días respectivamente, existiendo una diferencia de 7-6 días respectivamente con el testigo (19 días). En los demás polvos

vegetales no se encontró diferencia en el efecto de alimentación ni en los tiempos de la duración del ciclo de desarrollo del insecto (cuadro 9).

Cuadro 9. Duración del ciclo de desarrollo de *S. frugiperda* tratado con polvos vegetales al 15% (8.4 g) en dieta artificial.

tratamientos	duración (días)			
	larva	pupa	adulto	total
testigo	30	10	8	48
+ <i>Carica papaya</i>	0	0	0	0
* <i>Prosopis juliflora</i>	23	7	10	40
* <i>Verbesina crocata</i>	24	10	11	45
+ <i>Lupinus campestris</i>	26	13	6	45

tratamientos	duración (días)			
	Larva	pupa	adulto	total
testigo	19	10	9	38
+ <i>Lecopremna mexicana</i>	25	10	5	40
* <i>Crecentia alata</i>	26	12	5	43
* <i>Pithecellobium dulce</i>	41	13	8	62
+ <i>Bromelia hemisphaerica</i>	22	9	4	35
* <i>Gronovia scandens</i>	22	9	6	37
+ <i>Lupinus mutabilis</i>	23	8	7	38

+ semillas. * hojas.

Anormalidades anatómicas. Se registraron resultados donde los adultos presentaron "alas arrugadas". Esta deformación es muy importante porque se provoca la interrupción de la cópula de las palomillas, ya que en estos insectos, un sexo libera una feromona sexual y el otro sexo es atraído por el olor y vuela hacia el punto de atracción realizando la cópula en el aire. La planta de *B. hemisphaerica* fue la que mayor porcentaje de adultos con "alas arrugadas", registró (16.6%), seguida de varias plantas: *P. juliflora*, *V. crocata* y *C. alata* con un 6.6% (cuadro 10). Además, en los polvos de *B. hemisphaerica* y *V. crocata* se observaron adultos con restos de pupario en el abdomen y en algunos casos no emergieron completamente del pupario.

Otra anomalía que se notó fue la formación de una capa fibrosa sobre las masas de los huevos. Esto fue detectado, en términos generales, en las últimas posturas de masas de huevos de las palomillas, de todos los tratamientos incluyendo los testigos. Pero, en *B. hemisphaerica* y *V.*

crocata estas "masas deformes" se observaron desde las primeras posturas lo que provocó la disminución del porcentaje de viabilidad (cuadro 10).

Cuadro 10. Porcentaje de anomalías anatómicas de *S. frugiperda* tratado con polvos vegetales al 15% (8.4 g) en dieta artificial.

tratamientos	% adultos deformes
testigo	0
+ <i>Carica papaya</i>	0
* <i>Prosopis juliflora</i>	6.6
* <i>Verbesina crocata</i>	6.6
+ <i>Lupinus campestris</i>	0
+ <i>Lecopremna mexicana</i>	0
* <i>Crecentia alata</i>	6.6
* <i>Pithecellobium dulce</i>	3.3
+ <i>Bromelia hemisphaerica</i>	16.6
* <i>Gronovia scandens</i>	3.3
+ <i>Lupinus mutabilis</i>	0

+ semillas. * hojas.

Fecundidad (Viabilidad). El registro de la viabilidad de *S. frugiperda* con el polvo de *V. crocata* de 1.89%/hembra fue significativo, seguida de las plantas *B. hemisphaerica* y *L. campestris* con una viabilidad/hembra de 3.06 y 3.16% respectivamente, comparados con los porcentajes de viabilidad/hembra de 4.22 y 6.42% de los testigos (cuadro 11).

Cuadro 11. Porcentaje de viabilidad de *S. frugiperda* tratado con polvos vegetales al 15% (8.4 g) en dieta artificial.

tratamientos	total huevos	% eclosión huevos	% viabilidad huevos	% viabilidad /hembra
testigo	4 479	2 877	64.23 / 10h	6.42
+ <i>Carica papaya</i>	0	0	0	0
* <i>Prosopis juliflora</i>	3 515	1 714	48.81 / 7h	6.91
* <i>Verbesina crocata</i>	648	147	22.68 / 12h	1.89
+ <i>Lupinus campestris</i>	1 612	510	31.63 / 10h	3.16

tratamientos	total huevos	% eclosión huevos	% viabilidad huevos	% viabilidad /hembra
testigo	12 421	9 440	76 / 18h	4.22
+ <i>Lecopremna mexicana</i>	5 464	3515	64.33 / 11h	5.84
* <i>Crecentia alata</i>	1 119	583	52.99 7 10h	5.29
* <i>Pithecellobium dulce</i>	25 048	16 450	65.67 / 13h	5.05
+ <i>Bromelia hemisphaerica</i>	1 765	328	18.37 / 6h	3.06
* <i>Gronovia scandens</i>	10 237	7 664	74.86 / 13h	5.7
+ <i>Lupinus mutabilis</i>	4 577	2 973	64.95 / 14h	5.9

+semillas. *hojas. h= hembras

Al analizar todos estos resultados (cuadro 12), se llegó a la determinación de continuar los estudios con una sola planta: *C. papaya* por presentar una mortalidad del 100% de las larvas del primer estadio a las 24 h del postratamiento. Plantas como *P. juliflora* y *B. hemisphaerica* como *P. dulce* pueden ser consideradas en estudios futuros por presentar un efecto tóxico o antialimentario respectivamente (cuadro 12).

Cuadro 12. Síntesis de los valores significativos de las variables evaluadas sobre *S. frugiperda* tratado con polvos vegetales al 15% (8.4 g) en dieta artificial.

tratamientos	mortalidad	desarrollo	peso	emergencia	anormalidad	viabilidad
<i>Carica papaya</i>	**sig					
<i>Bromelia hemisphaerica</i>	sig			sig	**sig	sig
<i>Pithecellobium dulce</i>		**sig	**si			
<i>Verbesina crocata</i>			sig			**sig
<i>Crecentia alata</i>		sig	**si			
<i>Prosopis juliflora</i>	sig					
<i>Lupinus mutabilis</i>			sig			
<i>Lupinus ampestris</i>						sig

sig= > 50%. **sig= >70%.

Bioensayo en dieta artificial con *C. papaya*.

Mortalidad, pupación y emergencia de adultos. Los resultados de mortalidad indicaron que ninguna concentración de *C. papaya* fue significativa sobre el estado larval, pero, si fueron significativas las concentraciones al 15 y 10% en el estado pupal del insecto con una mortalidad 100 y 85% respectivamente. Existió una correlación proporcional, de que a mayor concentración del polvo de *C. papaya* mayor es el porcentaje de mortalidad del insecto. Esto determinó que no se

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

obtuviera una mortalidad significativa (30, 0 y 30%) en ninguna concentración de *C. papaya* sobre las larvas de 1000 mg Larval⁻¹ de *S. frugiperda* pero, si se obtuvo una mortalidad significativa a nivel de pupa del insecto, con lo cual se pueden eliminar varios estados biológicos del insecto al mismo tiempo (cuadro 13).

En el porcentaje de pupación del insecto, no se encontraron valores significativos (70, 100 y 70%) en ninguna de las concentraciones de *C. papaya*. Sin embargo, el porcentaje de emergencia de adultos fue muy significativo en la concentración al 15% con un 0% de emergencia, con lo cual el insecto fue eliminado completamente. De la misma manera, se comportó la emergencia de adultos en la concentración al 10% de *C. papaya* donde solo se registro un 15% de emergencia de adultos. El testigo presentó un porcentaje de pupación del 95% y un 85% de emergencia de adultos (cuadro 13).

Cuadro 13. Porcentaje de mortalidad, pupación y emergencia de adultos de *S. frugiperda* (1000 mg Larval⁻¹) tratado con concentraciones de 5 (2.8 g), 10 (5.6 g) y 15% (8.4 g) del polvo de *C. papaya* en dieta artificial.

tratamientos	% mortalidad			porcentaje pupación	porcentaje emergencia
	larva	pupa	total		
testigo	5	10	15	95	85
<i>Carica papaya</i> (5%)	30	15	45	70	55
<i>Carica papaya</i> (10%)	0	85	85	100	15
<i>Carica papaya</i> (15%)	30	70	100	70	0

Suma de crecimiento (peso). Se registraron valores significativos de los pesos larvales entre los tratamientos y el testigo, donde la concentración del 15% del polvo de *C. papaya* fué la más significativa ($q=6.686$, $\alpha<0.05$) seguida de la concentración del 10 % ($q=19.775$, $\alpha<0.05$). Al comparar los pesos de las larvas entre las mismas concentraciones resulto, que existió una diferencia significativa ($q=3.092$, $\alpha<0.05$) de peso larval entre las concentraciones del 15 y 10%, con este resultado se concluye que la concentración al 15% del polvo de *C. papaya* es la que registró los pesos más diferentes de todos los tratamientos, existiendo una correlación inversamente proporcional entre la concentración del polvo de *C. papaya* y el peso de las larvas, porque a mayor concentración del polvo, menor resulta ser el peso de las larvas. Esto determino que larvas alimentadas con estas concentraciones de *C. papaya*, se les provocó una repelencia al alimento que se vió reflejado en los resultados de los pesos larvales (cuadro 14).

Cuadro 14. Diferencia de peso larval (5 días) de *S. frugiperda* (1000 mg Larval⁻¹) tratado con concentraciones de 5 (2.8 g), 10 (5.6 g) y 15% (8.4 g) del polvo de *C. papaya* en dieta artificial.

comparación: testigo-polvo vegetal

comparación	trat. dif.	q	$\alpha < 0.05$
testigo vs <i>C. papaya</i> 15%	36.7	6.686	si
testigo vs <i>C. papaya</i> 10%	19.7	3.641	si
<i>C. papaya</i> 15% vs <i>C. papaya</i> 10%	17	3.092	si

Los pesos de las pupas mostraron una diferencia significativa ($q = 2.644$, $\alpha < 0.05$) entre la concentración del 15% del polvo de *C. papaya* y el testigo, seguida de la concentración al 10% con una diferencia de peso pupal de ($q = 2.532$, $\alpha < 0.05$, cuadro 15). Estos resultados reafirman lo determinado en los pesos larvales. Estos resultados son muy importantes porque solamente en esta prueba se encontraron diferencia del peso de las pupas.

Cuadro 15. Diferencia de peso pupal de *S. frugiperda* (1000 mg Larval⁻¹) tratado con concentraciones de 5 (2.8 g), 10 (5.6 g) y 15% (8.4 g) del polvo de *C. papaya* en dieta artificial.

comparación: testigo-polvo vegetal.

comparación	trat. dif.	q	$\alpha < 0.05$
<i>C. papaya</i> 15% vs testigo	14.3	2.644	si
<i>C. papaya</i> 10% vs testigo	12.5	2.532	si

Proporción de crecimiento de *S. frugiperda*.

Efecto de la alimentación y desarrollo. Se encontró un efecto repelente de las larvas a la alimentación, porque las larvas se acercaron al alimento por intervalos de tiempo y al estar en contacto directo con el alimento inmediatamente se alejaron, colocándose sobre la tapa del vial, este fenómeno no se observó en el testigo. Este efecto repelente se observó en todas las concentraciones de *C. papaya*.

En la concentración al 5% se registró un promedio de vida del insecto de 45.5 días, habiendo una diferencia de 13 días más con respecto al testigo en el cual el insecto vivió 32.8 días, y en la concentración al 10% de *C. papaya* se registraron 40.91 días de vida del insecto por lo que existió una diferencia de ocho días más con relación al testigo (cuadro 16). El desarrollo en la concentración del 15% del polvo no se registró por la mortalidad del 100% del insecto (ver cuadro 13).

Cuadro 16. Duración del ciclo de desarrollo de *S. frugiperda* (1000 mg Larval⁻¹) tratado con concentraciones de 5 (2.8 g), 10 (5.6 g) y 15% (8.4 g) del polvo de *C. papaya* en dieta artificial.

tratamientos	duración (días)			
	larva	pupa	adulto	total
testigo	20	4.8	8	32.8
<i>Carica papaya</i> (5%)	26.2	11.5	7.8	45.5
<i>Carica papaya</i> (10%)	20.5	10.3	9.66	40.91
<i>Carica papaya</i> (15%)	0	0	0	0

Anormalidades anatómicas. Los resultados del porcentaje de pupas "síndrome" (rotura a nivel abdominal) fue muy significativo en las concentraciones del 10 y 15%, con valores del 85 y 70% respectivamente. Las pupas fueron observadas partidas horizontalmente entre el abdomen y el tórax del insecto con lo cual se provocó la mortalidad de las mismas.

Del porcentaje de los adultos con "alas arrugadas" solo en la concentración del 5% del polvo vegetal se registro el 10% representando un porcentaje significativo (cuadro 17). Otra anomalía se observó en las masas con la formación de huevos deshidratados en las últimas posturas de los adultos, esto se observó también en el testigo.

Cuadro 17. Porcentaje de anomalías anatómicas de *S. frugiperda* (1000 mg Larval⁻¹) tratado con concentraciones de 5 (2.8 g), 10 (5.6 g) y 15% (8.4 g) del polvo de *C. papaya* en dieta artificial.

tratamientos	porcentaje de pupas "síndrome"	porcentaje de adultos deformes
testigo	0	0
<i>Carica papaya</i> (5%)	0	10
<i>Carica papaya</i> (10%)	70	0
<i>Carica papaya</i> (15%)	0	0

Fecundidad (Viabilidad). Los resultados de la viabilidad en la concentración al 5% de *C. papaya* no fueron significativos comparados con el testigo (cuadro 18). Las hembras que se quedaron solas en las bolsas no fueron evaluadas. En la concentración al 10% de *C. papaya* nacieron solo hembras y en la concentración del 15% de *C. papaya* no hubo emergencia de adultos.

Una observación sobresaliente que se encontró en la concentración al 5% de *C. papaya* fue la eclosión de huevos originados por una hembra sola. En esta concentración emergieron siete hembras y cuatro machos, se formaron cuatro parejas colocadas en bolsas de papel encerado, las otras tres hembras restantes también fueron colocadas en forma individual en otras bolsas de papel, donde una de esas hembras solas, presentó "alas arrugadas" pero tuvo la capacidad de poner una masa con 18 huevos, de los cuales eclosionaron el 22.2%. En cambio, en el polvo vegetal al 10%, solo emergieron tres hembras, colocadas en bolsas de la misma forma anterior, donde también una de estas hembras oviposito dos masas con 49 y 16 huevos respectivamente, pero ninguno eclosionó (cuadro 18).

Cuadro 18. Porcentaje de viabilidad de *S. frugiperda* (1000 mg Larval⁻¹) tratado con concentraciones al 5 (2.8 g), 10 (5.6 g) y 15% (8.4 g) del polvo de *C. papaya* en dieta artificial.

tratamientos	total huevos	% eclosión huevos	% viabilidad/ pareja	% viabilidad/ No. parejas
testigo				
pareja 1	0	0	0	
pareja 2	1168	681	58.2	
pareja 3	0	0	0	
pareja 4	1262	864	68.3	
pareja 5	2199	912	41	
pareja 6	0	0	0	
pareja 7	1169	1165	99.6	
pareja 8	1299	1145	88.1	44.5
<i>Carica papaya</i> 5%				
pareja 1	614	475	77.5	
pareja 2	40	2	5	
pareja 3	311	71	22.8	
pareja 4	93	7	75.8	45.8
hembra sola	18	4	22.2	22.2
<i>Carica papaya</i> 10%				
hembra sola	65	0	0	0

Con estos resultados se determinó que en las concentraciones al 5, 10 y 15% del polvo de *C. papaya* no se mata al 100% a las larvas de 1000 mg Larval⁻¹ en dieta artificial, como lo realizó la concentración al 15% del polvo con una mortalidad del 100% sobre las larvas del primer estadio de *S. frugiperda* pero, si mata al insecto a nivel de pupa, porque en las concentraciones del 15 y 10% del polvo de *C. papaya* se registro un 100 y 85% de mortalidad del insecto respectivamente.

En esta prueba, las variables evaluadas fueron muy significativas en las tres concentraciones del polvo de *C. papaya* (cuadro 19).

Cuadro 19. Síntesis de los valores significativos de las variables evaluadas sobre *S. frugiperda* (1000 mg Larval⁻¹) tratado con concentraciones al 5 (2.8 g), 10 (5.6 g) y 15% (8.4 g) del polvo de *C. papaya* en dieta artificial.

tratamientos	mortalidad	desarrollo	peso	emergencia	anormalidad
<i>Carica papaya</i> 5%		** sig	** sig		
<i>Carica papaya</i> 10%	** sig	** sig	** sig	** sig	** sig
<i>Carica papaya</i> 15%	** sig	** sig	** sig	** sig	** sig

**sig = muy significativo.

EVALUACIÓN DE *S. frugiperda* CON EXTRACTOS DE *C. papaya* Bioensayo de toxicidad de contacto.

Mortalidad larval de *S. frugiperda*. Los resultados de la mortalidad larval indicaron que en los extractos hexánicos de las semillas frescas y en polvo no fueron significativos. Solamente la concentración de 20% de las semillas frescas registro un valor significativo del 50% de mortalidad del insecto. En cambio, todos los extractos acetónicos de las semillas frescas fueron muy significativos con valores de 100, 80, 50 y 70% de mortalidad larval en las concentraciones de *C. papaya* al 5, 10, 15 y 29% respectivamente y lo mismo se registro en todos los extractos acetónicos del polvo de las semillas, con valores de mortalidad larval de 80, 70, 70 y 50% en las concentraciones de *C. papaya* al 5, 10, 15 y 20% respectivamente. Todos los extractos acuosos de las semillas frescas y en polvo no registraron valores significativos de mortalidad larval (cuadro 20).

Por otro lado, las concentraciones al 10 y 20% de las hojas frescas y la concentración del 20% del polvo de las hojas en los extractos hexánicos fueron significativas, con un 60% de mortalidad larval en estas concentraciones. En todos los extractos acetónicos de las hojas frescas y en polvo no se registró ningún valor significativo (cuadro 20).

En cambio en las concentraciones de 5, 10 y 20% del extracto acuoso de las hojas frescas fueron significativos, con un 50% de mortalidad larval en estas concentraciones, como también fueron significativos los extractos acuosos del polvo de las hojas en las concentraciones al 15 y 20% con un 60 y 50% de mortalidad larval respectivamente (cuadro 20).

De los extractos hexánicos de las flores frescas, fue significativa la concentración al 15% con un 90% de mortalidad larval, lo mismo paso con los extractos hexánicos del polvo de las flores en las concentraciones de 15

y 20% se registró un 60 y 50% de mortalidad larval respectivamente (cuadro 20).

Cuadro 20. Porcentaje de mortalidad larval de *S. frugiperda* (50 mg Larval⁻¹) tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores frescas y en polvo de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad de contacto.

extractos hexánicos frescos	mortalidad larval
semillas 5%	10
semillas 10%	0
semillas 15%	50
semillas 20%g	30
extractos hexánicos polvos	mortalidad larval
semillas 5%	20
semillas 10%	10
semillas 15%	40
semillas 20%	40
testigo c/hexano	20

extractos hexánicos frescos	mortalidad larval
hojas 5%	20
hojas 10%	60
hojas 15%	20
hojas 20%	60
extractos hexánicos polvos	mortalidad larval
hojas 5%	10
hojas 10%	40
hojas 15%	30
hojas 20%	60
testigo c/hexano	20

extractos hexánicos frescos	mortalidad larval
flores 5%	20
flores 10%	30
flores 15%	90
flores 20%	40
extractos hexánicos polvos	mortalidad larval
flores 5%	30
flores 10%	20
flores 15%	60
flores 20%	50
testigo c/hexano	20

extractos acetónicos frescos	mortalidad larval
semillas 5%	100
semillas 10%	80
semillas 15%	50
semillas 20%g	70
extractos acetónicos polvos	mortalidad larval
semillas 5%	80
semillas 10%	70
semillas 15%	50
semillas 20%g	70
testigo c/acetona	20

extractos acetónicos frescos	mortalidad larval
hojas 5%	20
hojas 10%	20
hojas 15%	0
hojas 20%	30
extractos acetónicos polvos	mortalidad larval
hojas 5%	30
hojas 10%	20
hojas 15%	30
hojas 20%	20
testigo c/acetona	20

extractos acetónicos frescos	mortalidad larval
flores 5%	60
flores 10%	50
flores 15%	50
flores 20%	30
extractos acetónicos polvos	mortalidad larval
flores 5%	60
flores 10%	40
flores 15%	60
flores 20%	10
testigo c/acetona	20

extractos acuosos frescos	mortalidad larval
semillas 5%	40
semillas 10%	30
semillas 15%	20
semillas 20%g	30
extractos acuosos polvos	mortalidad larval
semillas 5%	0
semillas 10%	0
semillas 15%	0
semillas 20%g	20
testigo c/agua	10
testigo s/disolvente	10

extractos acuosos frescos	mortalidad larval
hojas 5%	50
hojas 10%	50
hojas 15%	40
hojas 20%	50
extractos acuosos polvos	mortalidad larval
hojas 5%	30
hojas 10%	40
hojas 15%	60
hojas 20%	50
testigo c/agua	10
testigo s/disolvente	10

extractos acuosos frescos	mortalidad larval
flores 5%	10
flores 10%	0
flores 15%	0
flores 20%	10
extractos acuosos polvos	mortalidad larval
flores 5%	0
flores 10%	20
flores 15%	0
flores 20%	10
testigo c/agua	10
testigo s/disolvente	10

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los extractos acetónicos de las flores frescas, fueron significativas las concentraciones al 5, 10 y 15% con un 60, 50 y 50% de mortalidad larval respectivamente. También en los extractos acetónicos del polvo de las flores fueron significativas las concentraciones al 5 y 15% con un 60% de mortalidad larval en ambas concentraciones (cuadro 20). Todos los extractos acuosos de las flores frescas y en polvo no presentaron valores significativos sobre la mortalidad larval. En los testigos se presentó una mortalidad larval entre el 10 y 20% de *S. frugiperda* (cuadro 20).

En forma global los valores más significativos de la mortalidad larval de *S. frugiperda* se registraron en la forma fresca de la planta. Las semillas como parte de la planta fueron más significativas seguidas de las hojas y usando la acetona es el mejor disolvente para la extracción de los compuestos de *C. papaya* (cuadro 20).

Suma de crecimiento (peso larval). No se encontraron diferencias significativas entre los pesos de las pupas en todos los extractos con respecto a los testigos, pero, si fueron significativos los pesos larvales en los extractos frescos y en polvos, de los cuales los extractos frescos son los más significativos (cuadro 21).

De los resultados de los extractos frescos se determino que la concentración al 15% fue la más significativa ($q= 11.096$, $\alpha<0.05$) seguida de la concentración del 10% ($q= 11.094$, $\alpha<0.05$, cuadro 21).

El valor más significativo entre los extractos frescos y los testigos se registro en los extractos acuosos de las flores ($q= 8.482$, $\alpha<0.05$), seguido de los valores significativos ($q= 5.408$, 5.161 , y 4.452 , $\alpha<0.05$) registrados en los extractos: acuoso de las hojas, acetónico de las semillas y acuoso de las semillas respectivamente (cuadro 21).

Cuadro 21. Diferencia de peso de larval de *S. frugiperda* (50 mg larval⁻¹) tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de las semillas, flores y hojas frescas de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad de contacto.

comparación: testigo-concentración.

comparación	trat. dif.	q	$\alpha<0.05$
testigo vs concentración 15%	259.9	11.096	si
testigo vs concentración al 10%	259.9	11.094	si
testigo vs concentración al 5%	251.1	10.721	si
testigo vs concentración al 20 %	247.3	10.562	si

comparación: testigo-extracto.

comparación	trat. dif.	q	$\alpha < 0.05$
testigo vs extracto acuoso de flores	122.8	8.482	si
testigo vs extracto acuoso de hojas	78.3	5.408	si
testigo vs extracto acetónico de semillas	74.7	5.161	si
testigo vs extracto acuoso de semillas	64.4	4.452	si

Los resultados de los pesos larvales en los extractos hechos con los polvos (cuadro 22) fueron significativos en todas las concentraciones de los extractos hexánicos de las semillas de *C. papaya*. El valor más significativo de peso larval ($q = 9.435$, $\alpha < 0.05$) se registro en la concentración de 10%, seguido de los valores significativos ($q = 9.098$, 8.998 , y 8.745 , $\alpha < 0.05$) de las concentraciones de 5, 15 y 20% de las semillas respectivamente.

Cuadro 22. Diferencia de peso de larval de *S. frugiperda* (50 mg larval⁻¹) tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de las semillas, flores y hojas en polvo de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad de contacto.

comparación: testigo-extracto.

comparación	trat. dif.	q	$\alpha < 0.05$
testigo vs extracto hexánico semillas 10%	347.6	9.435	si
testigo vs extracto hexánico semillas 5%	335.2	9.098	si
testigo vs extracto hexánico semillas 15%	331.5	8.998	si
testigo vs extracto hexánico semillas 20%	322.2	8.746	si

En forma general los valores más significativos del peso larval de *S. frugiperda* se registraron en el estado fresco de *C. papaya*, en las hojas y flores como parte de la planta y como disolvente el agua. En el estado en polvo sobresalen las semillas y el hexano como disolvente de manera muy significativa.

Proporción de crecimiento larval.

Efecto de alimentación y desarrollo larval. Los resultados del desarrollo larval indicaron que los extractos hexánicos de las semillas frescas aumentaron los días del desarrollo larval en las concentraciones al 10 y 15% con una diferencia de 5 y 6 días con respecto al testigo en el cual el desarrollo larval fue de 18 días. En los extractos hexánicos del polvo de las semillas se registro un alargamiento larval de 6 y 5 días con respecto al testigo en las concentraciones al 10 y 20% respectivamente (cuadro 23).

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 23. Porcentaje de desarrollo larval (días) de *S. frugiperda* (50 mg Larval⁻¹) tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores frescas y en polvo de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad de contacto.

extractos hexánicos frescos	desarrollo larval
semillas 5%	20
semillas 10%	23
semillas 15%	24
semillas 20%	22
extractos hexánicos polvos	desarrollo larval
semillas 5%	21
semillas 10%	24
semillas 15%	22
semillas 20%	23
testigo c/hexano	18

extractos hexánicos frescos	desarrollo larval
hojas 5%	18
hojas 10%	19
hojas 15%	20
hojas 20%	21
extractos hexánicos polvos	desarrollo larval
hojas 5%	16
hojas 10%	18
hojas 15%	17
hojas 20%	17
testigo c/hexano	20

extractos hexánicos frescos	desarrollo larval
flores 5%	18
flores 10%	17
flores 15%	18
flores 20%	20
extractos hexánicos polvos	desarrollo larval
flores 5%	17
flores 10%	18
flores 15%	19
flores 20%	21
testigo c/hexano	18

extractos acetónicos frescos	desarrollo larval
semillas 5%	0
semillas 10%	23
semillas 15%	22
semillas 20%	24
extractos acetónicos polvos	desarrollo larval
semillas 5%	23
semillas 10%	22
semillas 15%	24
semillas 20%	24
testigo c/acetona	18

extractos acetónicos frescos	desarrollo larval
hojas 5%	21
hojas 10%	20
hojas 15%	20
hojas 20%	21
extractos acetónicos polvos	desarrollo larval
hojas 5%	19
hojas 10%	18
hojas 15%	18
hojas 20%	18
testigo c/acetona	20

extractos acetónicos frescos	desarrollo larval
flores 5%	20
flores 10%	19
flores 15%	21
flores 20%	18
extractos acetónicos polvos	desarrollo larval
flores 5%	19
flores 10%	18
flores 15%	21
flores 20%	22
testigo c/acetona	20

extractos acuosos frescos	desarrollo larval
semillas 5%	19
semillas 10%	19
semillas 15%	20
semillas 20%	19
extractos acuosos polvos	desarrollo larval
semillas 5%	18
semillas 10%	18
semillas 15%	19
semillas 20%	20
testigo c/agua	18
testigo s/disolvente	18

extractos acuosos frescos	desarrollo larval
hojas 5%	20
hojas 10%	21
hojas 15%	20
hojas 20%	20
extractos acuosos polvos	desarrollo larval
hojas 5%	19
hojas 10%	18
hojas 15%	18
hojas 20%	21
testigo c/agua	10
testigo s/disolvente	18

extractos acuosos frescos	desarrollo larval
flores 5%	18
flores 10%	17
flores 15%	19
flores 20%	21
extractos acuosos polvos	desarrollo larval
flores 5%	18
flores 10%	17
flores 15%	17
flores 20%	18
testigo c/agua	10
testigo s/disolvente	18

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

En los extractos acetónicos de las semillas frescas fueron significativos en las concentraciones al 10 y 20% con una diferencia de 5 y 6 días con respecto al testigo. También en los extractos acetónicos del polvo de las semillas fueron significativos en las concentraciones al 5, 10 y 20% con un alargamiento larval de 5, 6 y 6 días con respecto al testigo (cuadro 23).

En extracto acetónico de las semillas frescas al 5% no se determino el desarrollo larval por presentar una mortalidad del 100% del insecto en este tratamiento.

En los extractos acuosos de las semillas frescas y en polvo no se encontró diferencia en el desarrollo larval en ninguna concentración con respecto al testigo. Lo mismo se registro en los extractos frescos o en polvo de las hojas y las flores de *C. papaya* donde no se encontró ninguna diferencia de desarrollo en estos extractos, con respecto a sus respectivos testigos (cuadro 23).

En forma global, solamente en los extractos frescos o en polvos de las semillas se alarga el periodo del desarrollo larval de *S. frugiperda* siendo más significativos los extractos acetónicos (cuadro 23).

En el cuadro 24 se ilustra un análisis comparativo de los resultados registrados en el bioensayo de toxicidad de contacto sobre *S. frugiperda*.

Cuadro 24. Síntesis de los valores significativos de las variables evaluadas sobre *S. frugiperda* tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de las semillas, hojas y flores frescas o en polvo de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad de contacto.

extracto	mortalidad	peso	desarrollo
fresco	semilla-acetona hojas-agua	hojas-agua flores-agua semillas-agua	semillas-acetona
polvo	semillas-acetona	semillas-hexano	semillas-acetona

Bioensayo de toxicidad fulminante.

Mortalidad larval de *S. frugiperda*. Los resultados de la mortalidad larval (cuadro 25) ilustran que en la concentración al 20% de las semillas frescas y en el polvo vegetal de los extractos hexánicos se registro una mortalidad larval del 50% en ambas concentraciones. En cambio en los extractos acetónicos de las semillas frescas, todas las concentraciones fueron significativas con un 50% de mortalidad larval en

Cuadro 25. Porcentaje de mortalidad de *S. frugiperda* (50 mg Larval⁻¹) a los 15 y 30 minutos de exposición con extractos hexánixos, acetónicos y acuosos de semillas fresca y en polvo de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad fulminante.

extractos	exposición (min.)		
	15	30	total
hexánixos frescos			
semillas 5%	20	20	40
semillas 10%	40	0	40
semillas 15%	40	10	50
semillas 20%	20	10	30
extractos hexánixos polvos			
semillas 5%	30	10	40
semillas 10%	30	0	30
semillas 15%	40	0	40
semillas 20%	40	10	50
testigo c/hexano	10	0	10

extractos	exposición (min.)		
	15	30	total
hexánixos frescos			
hojas 5%	0	0	0
hojas 10%	30	10	40
hojas 15%	30	0	30
hojas 20%	40	0	40
extractos hexánixos polvos			
hojas 5%	10	0	10
hojas 10%	40	20	60
hojas 15%	30	0	30
hojas 20%	20	20	40
testigo c/hexano	10	0	10

extractos	exposición (min.)		
	15	30	total
hexánixos frescos			
flores 5%	40	0	40
flores 10%	30	20	50
flores 15%	50	10	60
flores 20%	20	10	30
extractos hexánixos polvos			
flores 5%	30	10	40
flores 10%	20	0	20
flores 15%	30	0	30
flores 20%	40	10	50
testigo c/hexano	10	0	10

extractos	exposición (min.)		
	15	30	total
acetónicos frescos			
semillas 5%	30	20	50
semillas 10%	40	10	50
semillas 15%	20	30	50
semillas 20%	30	30	60
extractos acetónicos polvos			
semillas 5%	30	20	50
semillas 10%	20	0	20
semillas 15%	30	30	60
semillas 20%	20	0	20
testigo c/acetona	0	1	10

extractos	exposición (min.)		
	15	30	total
acetónicos frescos			
hojas 5%	30	0	30
hojas 10%	40	0	40
hojas 15%	0	0	0
hojas 20%	10	0	10
extractos acetónicos polvos			
hojas 5%	30	10	40
hojas 10%	50	10	60
hojas 15%	10	0	10
hojas 20%	10	0	10
testigo c/acetona	0	10	10

extractos	exposición (min.)		
	15	30	total
acetónicos frescos			
flores 5%	30	10	40
flores 10%	50	0	50
flores 15%	50	10	60
flores 20%	40	0	40
extractos acetónicos polvos			
flores 5%	40	0	40
flores 10%	30	0	30
flores 15%	50	10	60
flores 20%	10	20	30
testigo c/acetona	0	10	10

extractos	exposición (min.)		
	15	30	total
acuosos frescos			
semillas 5%	20	30	50
semillas 10%	20	0	20
semillas 15%	20	0	20
semillas 20%	20	10	30
extractos acuosos polvos			
semillas 5%	40	0	40
semillas 10%	50	0	50
semillas 15%	20	20	40
semillas 20%	10	0	10
testigo c/agua	0	0	0
testigo s/disolvente	0	0	0

extractos	exposición (min.)		
	15	45	total
acuosos frescos			
hojas 5%	30	10	40
hojas 10%	40	10	50
hojas 15%	70	20	90
hojas 20%	50	10	60
extractos acuosos polvos			
hojas 5%	30	20	50
hojas 10%	40	20	60
hojas 15%	30	0	30
hojas 20%	40	10	50
testigo c/agua	0	0	0
testigo s/disolvente	0	0	0

extractos	exposición (min.)		
	15	30	total
acuosos frescos			
flores 5%	30	0	30
flores 10%	10	0	10
flores 15%	30	0	30
flores 20%	30	10	40
extractos acuosos polvos			
flores 5%	20	0	20
flores 10%	10	0	10
flores 15%	0	0	0
flores 20%	30	0	30
testigo c/agua	0	0	0
testigo s/disolvente	0	0	0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

las concentraciones al 5, 10 y 15% así como un 60% de mortalidad larval en la concentración al 20%. También en los extractos acetónicos del polvo de las semillas fueron significativos, donde las concentraciones al 5 y 15% se registró un 50 y 60% de mortalidad larval respectivamente. En las concentraciones 5 y 10% de los extractos acuosos de semillas frescas y del polvo de las semillas se registro una mortalidad larval del 50% en ambas concentraciones.

Los extractos hexánicos y acetónicos de las hojas frescas no fueron significativos y solo en la concentración al 10% de los extractos hexánicos y acetónicos del polvo de las hojas fueron significativos con un 60% de mortalidad larval en ambos extractos. En cambio en los extractos acuosos de las hojas frescas fueron muy significativos, registrando en las concentraciones al 5, 15 y 20% una mortalidad larval de 50, 90 y 60% respectivamente; y los extractos acuosos del polvo de las hojas fueron también muy significativos porque en sus concentraciones al 5, 10 y 20% registraron un 50, 60 y 50% de mortalidad larval respectivamente (cuadro 25).

Los extractos hexánicos y acetónicos de las flores frescas fueron significativos en las concentraciones al 10 y 15% con una mortalidad larval del 50 y 60% respectivamente. De los extractos hexánicos del polvo de las flores solo la concentración al 20% registro un 50% de mortalidad larval y de los extractos acetónicos del polvo de las flores solo en la concentración al 15% fue significativa con un 60% de mortalidad larval. En todos los extractos acuosos de las flores frescas y en polvo no se encontró ningún valor significativo de la mortalidad larval de *S. frugiperda* (cuadro 25).

El análisis de los resultados de esta prueba determino que los extractos acetónicos de las semillas frescas y en polvo, como los extractos acuosos de las hojas en polvo fueron los más significativos en la mortalidad larval del *S. frugiperda* (cuadro 25).

Bioensayo de toxicidad por administración oral.

Mortalidad, pupación y emergencia de adultos. Los resultados de todas las concentraciones de todos los extractos con semillas frescas presentaron valores de 80-100% muy significativos sobre la mortalidad de *S. frugiperda* (cuadro 26).

Los resultados del polvo de las semillas registraron una mortalidad del alrededor del 50-70% en la mayoría de las concentraciones comparada con la mortalidad alrededor del 10-30% registrada en los diferentes testigos (cuadro 26).

Cuadro 26. Porcentajes de mortalidad, pupación y emergencia de adultos de *S. frugiperda* tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores frescas y en polvos de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad por administración oral.

extractos hexánicos frescos	mortalidad %			porcentaje pupas	emergencia adultos
	larva	pupa	total		
semillas 5%	100	0	100	0	0
semillas 10%	80	0	80	20	20
semillas 15%	100	0	100	0	0
semillas 20%	100	0	100	0	0
testigo c/ hexano	20	10	30	70	70
extractos polvos					
semillas 5%	50	10	70	40	30
semillas 10%	60	0	60	30	30
semillas 15%	40	20	60	60	40
semillas 20%	50	10	60	50	40
testigo c/ hexano	20	10	30	80	70

extractos acetónicos frescos	mortalidad %			porcentaje pupas	emergencia adultos
	larva	pupa	total		
semillas 5%	100	0	100	0	0
semillas 10%	100	0	100	0	0
semillas 15%	100	0	100	0	0
semillas 20%	100	0	100	0	0
testigo c/ acetona	0	10	10	90	90
acuoceros polvos					
semillas 5%	50	0	50	50	50
semillas 10%	70	10	80	30	20
semillas 15%	20	20	40	50	60
semillas 20%	50	0	50	50	50
testigo c/ acetona	10	20	30	90	70

extractos acuoceros frescos	mortalidad %			porcentaje pupas	emergencia adultos
	larva	pupa	total		
semillas 5%	90	0	90	10	10
semillas 10%	90	0	90	10	10
semillas 15%	80	10	90	20	0
semillas 20%	100	0	100	0	0
testigo c/ agua	0	10	10	90	90
acuoceros polvos					
semillas 5%	50	20	70	50	30
semillas 10%	60	10	70	40	30
semillas 15%	50	20	70	50	30
semillas 20%	30	0	30	70	70
testigo c/ agua	0	10	10	90	90

extractos hexánicos	mortalidad %			porcentaje pupas	emergencia adultos
	larva	pupa	total		
flores 5%	90	0	90	10	10
flores 10%	70	1	80	30	20
flores 15%	10	20	30	90	80
flores 20%	90	0	90	10	10
testigo c/ hexano	20	10	30	70	70
acuoceros polvos					
flores 5%	60	10	70	40	20
flores 10%	30	20	50	70	50
flores 15%	30	10	40	70	60
flores 20%	40	10	50	60	50
testigo c/ hexano	20	10	30	80	70

extractos acetónicos	mortalidad %			porcentaje pupas	emergencia adultos
	larva	pupa	total		
flores 5%	90	0	90	10	10
flores 10%	100	0	100	0	0
flores 15%	90	0	90	10	10
flores 20%	100	0	100	0	0
testigo c/ acetona	0	10	10	90	90
acuoceros polvos					
flores 5%	70	10	80	30	20
flores 10%	100	0	100	0	0
flores 15%	50	0	50	50	50
flores 20%	40	20	60	60	40
testigo c/ acetona	10	20	30	90	70

extractos acuoceros	mortalidad %			porcentaje pupas	emergencia adultos
	larva	pupa	total		
flores 5%	80	0	80	20	20
flores 10%	100	0	100	0	0
flores 15%	50	10	60	50	40
flores 20%	70	0	70	30	30
testigo c/ agua	0	10	10	90	90
acuoceros polvos					
flores 5%	40	0	40	60	60
flores 10%	60	10	70	40	30
flores 15%	70	10	80	30	20
flores 20%	40	10	50	60	50
testigo c/ agua	0	10	10	90	90

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Los resultados de mortalidad con las hojas frescas determinaron que se obtuvo una mortalidad del 60% o más en todas las concentraciones de todos estos extractos, de los cuales los extractos acetónicos fueron los más significativos con una mortalidad de 80-100% del insecto. Por otro lado, en los extractos del polvo de las hojas, no todas las concentraciones fueron significativas; en los extractos hexánicos se registro una mortalidad del 60% en las concentraciones al 5 y 10% del polvo de las hojas, en cambio en los extractos acetónicos se registro una mortalidad de alrededor de 60-80% en las cuatro concentraciones. Por ultimo en los extractos acuosos del polvo de las hojas se registro una mortalidad de 50, 80 y 60% en las concentraciones al 10, 15 y 20% respectivamente (cuadro 26).

En los extractos hexánicos de las flores frescas se registro una mortalidad de 90, 80 y 90% en las concentraciones al 5, 10 y 20%. Los resultados de los extractos acetónicos de las flores frescas fueron muy significativos con un 90-100% de mortalidad de *S. frugiperda*. En los extractos acuosos de las flores frescas, se registro una mortalidad del 80, 50 y 60% en las concentraciones al 5, 15 y 20% (cuadro 26).

Los resultados de los extractos del polvo de las flores registraron que los extractos acetónicos fueron los más significativos con 80, 100, 50 y 60% de mortalidad en las concentraciones al 5, 10, 15 y 20% respectivamente. Los extractos hexánicos del polvo de las flores registraron una mortalidad significativa del 70, 50 y 50% en las concentraciones al 5, 10 y 20%. Los extractos acuosos del polvo de las flores fueron significativos en las concentraciones al 5, 10 y 20% con una mortalidad del 60, 70 y 90% (cuadro 26).

En forma general, las semillas como parte de la planta son las más significativas seguidas de las flores y hojas al mismo tiempo. El estado fresco de la planta es el más significativo y con el uso de la acetona se obtuvieron los mejores porcentos de mortalidad de *S. frugiperda*, de manera que los mejores resultados se obtuvieron en forma secuencial con los extractos: acetónico, hexánico y acuoso de las semillas frescas (cuadro 26).

Es muy importante mencionar que la mortalidad más significativa registrada de todas las pruebas biológicas realizadas, se registro precisamente con los extractos acetónicos y hexánicos de las semillas frescas de esta prueba con un 100% o un 80-100% de mortalidad en todas las concentraciones respectivamente (cuadro 26).

Suma de crecimiento (peso). Los resultados de los pesos larvales y pupales determinaron que no se encontraron diferencias significativas en

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

los pesos de las pupas en todos los extractos frescos y en polvo, pero, si fueron significativos los pesos larvales de *S. frugiperda* en los extractos frescos y en polvo.

Los extractos en polvo solo fueron significativos con las semillas, donde se registraron valores significativos de peso larval entre el testigo acetónico y la concentración al 10% de las semillas ($q= 5.350, \alpha < 0.05$). La concentración del 20% de las semillas del extracto hexánico fue la más significativa del peso larval del insecto ($q= 7.423, 5.112$ y $4.857, \alpha < 0.05$) con relación a la concentración del 10% de las semillas del extracto acetónico y las concentraciones del 15 y 10% de las semillas del extracto acuoso respectivamente (cuadro 27).

Cuadro 27. Diferencia de peso larval de *S. frugiperda* tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores en polvos de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad por administración oral.

comparación: parte-concentración

comparación	trat. dif.	q	$\alpha < 0.05$
testigo acetona vs semillas 10% acetona	1812	5.350	si
semillas 20% hexano vs semillas 10% acetona	2514.2	7.423	si
semillas 15% hexano vs semillas 10% acetona	2014.7	5.949	si
semillas 20% hexano vs semillas 15% agua	1731.2	5.112	si
semillas 20% g hexano vs semillas 10% agua	1644.9	4.857	si

En cambio, los pesos larvales de *S. frugiperda* en los extractos frescos fueron más significativos, por que en los extractos hexánicos y acetónicos se registraron diferencias entre las partes de la planta, las concentraciones y la parte vegetativa-concentración (cuadro 28).

En los extractos hexánicos de la forma fresca de la planta el valor más significativo se registro entre las flores y semillas ($q= 4.461, \alpha < 0.05$), seguido de la diferencia de peso larval entre las hojas y las semillas ($q= 3.507, \alpha < 0.05$), con lo cual se determino que las semillas son diferentes a las flores y hojas. La concentración del 5% es la más significativa ($q= 4.461 \alpha < 0.05$) y en la comparación parte vegetativa-concentración solo se encontró diferencia en el peso larval entre el testigo y la concentración del 10% de las semillas frescas ($q= 5.338 \alpha < 0.05$, cuadro 28).

Cuadro 28. Diferencia de peso larval de *S. frugiperda* tratado con extractos hexánicos de las semillas, hojas y flores frescas de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad por administración oral.

comparación: parte de planta.

comparación	trat. dif.	q	$\alpha < 0.05$
flores vs semillas	460.3	4.461	si
hojas vs semillas	360.2	3.507	si
flores vs hojas	100	1.304	no

comparación: testigo-concentración.

comparación	trat. dif.	q	$\alpha < 0.05$
testigo vs 5%	914.8	7.032	si
testigo vs 10%	786.2	6.312	si
testigo vs 20%	754.3	6.015	si
testigo vs 15%	750.3	5.956	si

comparación: parte-concentración

comparación	trat. dif.	q	$\alpha < 0.05$
testigo vs semillas 10%	816.2	5.338	si

Por otro lado, en los extractos acetónicos frescos no se registraron diferencias significativas entre las semillas, hojas y flores. Pero, se registro la concentración de 10% como la más significativa ($q = 9.748$, $\alpha < 0.05$). Al compararse la parte vegetativa-concentración resultaron ser todas las concentraciones de las semillas y las concentraciones de 5 y 15% de las flores las más significativas ($q = 8.562$, $\alpha < 0.05$ cuadro 29).

Cuadro 29. Diferencia de peso larval de *S. frugiperda* tratado con extractos acetónicos de las semillas, hojas y flores frescas de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad por administración oral.

comparación: testigo-concentración.

comparación	trat. dif.	q	$\alpha < 0.05$
testigo vs 10%	420.6	9.748	si
testigo vs 20%	416.7	9.657	si
testigo vs 15%	413.3	9.578	si
testigo vs 5%	385.2	8.927	si

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

comparación:parte-concentración

comparación	trat. dif.	q'	$\alpha < 0.05$
testigo vs semillas 5%	409	8.562	si
testigo vs semillas 10%	409	8.562	si
testigo vs semillas 15%	409	8.562	si
testigo vs semillas 20%	409	8.562	si
testigo vs flores 5%	409	8.562	si
testigo vs flores 15%	409	8.562	si
testigo vs hojas 5%	408.1	8.543	si
testigo vs flores 10%	107.4	8.542	si
testigo vs hojas 10%	406	8.499	si
testigo vs flores 20%	392.2	8.210	si

El análisis de estos resultados determinó que se registraron diferencias significativas en los pesos larvales de *S. frugiperda*, donde todas las concentraciones de las semillas y los extractos acetónicos de las flores frescas fueron las más significativas (cuadro 29).

No se registraron diferencias significativas en los pesos de las pupas en todos los extractos con respecto a los testigos.

Proporción de crecimiento de *S. frugiperda*.

Efecto de alimentación y desarrollo.

De los resultados de los extractos hexánicos frescos (cuadro 30) la concentración al 10% registro una duración del ciclo de desarrollo de 67 días resultando una diferencia de 20 días en comparación con el testigo el cual duro 46.1 días. En las otras tres concentraciones no se determino el desarrollo del insecto, debido al 100% de mortalidad determinada en estas concentraciones. En los extractos hexánicos de los polvos de las semillas no se registraron porcentajes significativos del desarrollo del ciclo del insecto. En los extractos acetónicos de las semillas frescas no se determino el desarrollo del insecto también por la mortalidad del 100% del insecto y en los extractos acetónicos del polvo no se encontró porcentajes significativos de desarrollo (cuadro 30).

En cambio en los extractos acuosos de las semillas frescas la concentración al 5% fue la más significativa por que la duración del ciclo de desarrollo en esta concentración fue de 69 días, resultando una diferencia de 25 días con relación al testigo, donde el insecto presento un promedio de vida de 44.2 días, esta diferencia expresada en días del alargamiento del ciclo del insecto es el valor más alto registrado de todas las concentraciones de todos los extractos.

Cuadro 30. Duración del ciclo de desarrollo de *S. froggiperla* tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores frescas y en polvos de C. papaya en bioensayo de toxicidad por administración oral.

extractos	duración (días)			total
	larva	pupa	adulto	
hexánicos frescos	0	0	0	0
semillas 5%	36	20.5	10.5	67
semillas 10%	0	0	0	0
semillas 15%	0	0	0	0
semillas 20%	0	0	0	0
testigo etéreo	20.7	15.6	9.8	46.1
hexánicos polvos	28	20	9.7	57.7
semillas 5%	29.5	21.7	10.3	61.5
semillas 10%	29	20	12	61
semillas 15%	25.8	23	13.5	61.3
semillas 20%	30.7	20.1	15.8	66.6

extractos	duración (días)			total
	larva	pupa	adulto	
acetónicos frescos	23.5	17	7.5	48
hojas 5%	27	16	10	53
hojas 10%	0	0	0	0
hojas 15%	27	18	8	53
hojas 20%	26.9	16.4	13.1	56.4
testigo etéreo	34.7	21.6	12.3	68.6
acetónicos polvos	40	21.4	7.6	69
hojas 5%	39.3	23	8	70.3
hojas 10%	30.3	25	18	82.3
hojas 15%	31.1	21.4	14.9	67.4
hojas 20%	31.1	21.4	14.9	67.4
testigo etéreo	31.1	21.4	14.9	67.4

extractos	duración (días)			total
	larva	pupa	adulto	
acuoso fresco	19.5	10	8.5	38
hojas 5%	0	0	0	0
hojas 10%	23	12.5	11	46.5
hojas 15%	25	12	11	48
hojas 20%	20	15.5	9.1	44.6
testigo etéreo	31.8	21	11	63.8
acuoso polvos	30	20.6	9.3	59.9
hojas 5%	29.6	21	8.3	58.9
hojas 10%	28.2	21.8	10.9	60.9
hojas 15%	28.2	21.8	10.9	60.9
hojas 20%	28.2	21.8	10.9	60.9
testigo etéreo	28.2	21.8	10.9	60.9

extractos	duración (días)			total
	larva	pupa	adulto	
hexánicos frescos	20	13	20	53
flores 5%	23.6	18.5	5.5	47.6
flores 10%	22.3	13.3	13	48.6
flores 15%	21	16	9	46
flores 20%	20.7	15.6	9.8	46.1
testigo etéreo	28	23	12	64
hexánicos polvos	29.2	7.4	13.4	50
flores 5%	28.4	21.6	10.4	60.8
flores 10%	29.6	22	9.2	60.8
flores 15%	30.7	20.1	15.8	66.6
flores 20%	30.7	20.1	15.8	66.6
testigo etéreo	30.7	20.1	15.8	66.6

extractos	duración (días)			total
	larva	pupa	adulto	
acetónicos frescos	27	16	17	60
flores 5%	0	0	0	0
flores 10%	25	18	10	53
flores 15%	0	0	0	0
flores 20%	26.9	16.4	13.1	56.4
testigo etéreo	35	24.6	5.3	64.9
acetónicos polvos	0	0	0	0
flores 5%	31	20.2	12.4	63.6
flores 10%	37.6	19.5	11.2	68.3
flores 15%	31.1	21.4	14.9	67.4
flores 20%	31.1	21.4	14.9	67.4
testigo etéreo	31.1	21.4	14.9	67.4

extractos	duración (días)			total
	larva	pupa	adulto	
acuoso fresco	20.5	14.5	13	48
flores 5%	22.3	19.5	8.6	50.4
flores 10%	19.7	15.2	6	40.9
flores 15%	23.8	12	8.7	44.5
flores 20%	20	15.5	9.1	44.6
testigo etéreo	29	26.6	9.6	59.2
acuoso polvos	27	21	7.5	55.3
flores 5%	30.2	21	12	63.2
flores 10%	28.2	21.8	10.9	60.9
flores 15%	28.2	21.8	10.9	60.9
flores 20%	28.2	21.8	10.9	60.9
testigo etéreo	28.2	21.8	10.9	60.9

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El segundo valor registrado de la diferencia del alargamiento del ciclo del insecto entre el testigo y el tratamiento se determino en la concentración de 10% de este mismo extracto, donde existió una diferencia de 22 días entre esta concentración y el testigo. Otro resultado de este mismo extracto con valor significativo se registró en la concentración al 15% con un alargamiento del ciclo del insecto de 9 días comparado con el testigo y por último en la concentración de 20% no se determino el desarrollo del insecto por la mortalidad del 100% registrada en esta concentración; con estos resultados se determino que este tipo de extracto provoca un efecto antialimentario sobre las larvas de *S. frugiperda*. En los extractos acuosos del polvo de las semillas solo se registro un alargamiento del ciclo del insecto de 4 días en la concentración al 15% (cuadro 30).

Los resultados de los extractos hexánicos de las hojas frescas determinaron que las concentraciones al 15 y 20% fueron significativas con una diferencia de 8 y 4 días respectivamente en comparación con el testigo y en los extractos hexánicos del polvo vegetal solo se registro un alargamiento del ciclo del insecto de 4 días en la concentración de 5% (cuadro 30).

Los extractos acetónicos de las hojas frescas no fueron significativos, pero en la concentración al 15% no se determino el desarrollo del insecto por el registro de mortalidad al 100% del insecto. En cambio, en el extracto del polvo de las hojas se determino un alargamiento de 15 días más en el ciclo del insecto con la concentración al 20% en comparación con el testigo (cuadro 30).

En los extractos acuosos de las hojas frescas, la concentración al 20% registro un alargamiento de 4 días en el ciclo del insecto y en la concentración al 10% no se determino el desarrollo del insecto por el registro de la mortalidad del 100% del insecto. Todas las concentraciones del extracto acuoso del polvo de las hojas no fueron significativas (cuadro 30).

En los resultados de los extractos hexánicos de las flores frescas, la concentración al 5% provocó que se completara el ciclo de desarrollo del insecto en 53 días, existiendo una diferencia de 7 días más que el testigo, el cual tardo 46.1 días en completar el ciclo de desarrollo y todas las concentraciones del polvo vegetal no fueron significativas (cuadro 30).

En los resultados de los extractos acetónicos de las flores frescas solo en la concentración al 5% se registro un alargamiento de 4 días del ciclo del insecto, comparado con el testigo, este se comporto de esta

manera porque en las concentraciones al 10 y 20% se registro una mortalidad del 100% del insecto. En cambio en los extractos acetónicos del polvo de las flores no fueron significativos (cuadro 30).

En los extractos acuosos de las flores frescas y en polvos también solo las concentraciones al 10 y 5% de las flores frescas presentaron un alargamiento de 6 y 4 días respectivamente, del ciclo de desarrollo comparados con el testigo (cuadro 30).

En forma general en las semillas es donde más se alarga el ciclo de desarrollo del insecto. El estado fresco de la planta es el más significativo y con el uso del agua como disolvente es donde se determinaron las mayores diferencias de los días de desarrollo del insecto comparados con los testigos. De manera que los mejores resultados de esta prueba se registraron con el extracto acuoso de las semillas frescas (cuadro 30).

Anormalidades anatómicas. Se observaron adultos deformes en un 10% en varios de los extractos frescos y en polvo interfiriendo esta anomalía en el porcentaje de la viabilidad (cuadro 31).

Otra anomalía fue la formación de masas de huevos deshidratados en las últimas posturas de las hembras, así como también la formación de huevos con una capa fibrosa, registrando esta última anomalía en las hembras sin copulación (ver cuadro 34).

Cuadro 31. Porcentaje de anomalías anatómicas de *S. frugiperda* tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores frescas y en polvos de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad por administración oral.

extractos frescos	% adultos deformes	extractos en polvo	% pupas deformes	% adultos deformes
hexánico hojas 8.4 g	10	hexánico hojas 11.2 g		10
hexánico semillas 5.6 g	10	hexánico flores 11.2 g		10
acuoso hojas 2.8 g	10	acetónico hojas 5.6 g		10
acuoso hojas 8.4 g	10	acetónico flores 2.8 g		10
acuoso hojas 11.2 g	10	acuoso hojas 11.2 g		
acuoso flores 8.4 g	10	acuoso flores 2.8 g	10	
acetónico testigo	10			

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Fecundidad (Viabilidad).

Viabilidad de *S. frugiperda* tratado con extractos en polvo. El registro de viabilidad de *S. frugiperda* con los extractos hexánico y acetónico de las semillas al 20%, como los extractos acuosos de las hojas al 5, y 20% y al igual que el extracto acuoso de las flores al 10% fueron los más significativos por registrar una nula eclosión de larvas (0%) de *S. frugiperda*. Esto es muy importante porque de esta manera se elimina por completo la F₁ del insecto y al mismo tiempo se evita el ataque del gusano cogollero en el cultivo (cuadro 32).

Cuadro 32. Porcentaje de viabilidad de *S. frugiperda* tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores en polvos de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad por administración oral.

extractos	total huevos	total eclosión	% viabilidad /pareja	% viabilidad /no. parejas
hexánico semillas 5% pareja 1	405	243	60	60
hexánico semillas 10% pareja 1	243	150	64.10	64.10
hexánico semillas 15% pareja 1	699	620	88.69	92.84
pareja 2	400	388	97	
hexánico semillas 20% pareja 1	128	0	0	0*
hexánico hojas 5% pareja 1	940	821	87.34	43.67*
pareja 2	0	0	0	
hexánico hojas 15% pareja 1	148	124	83.78	79.85
pareja 2	305	200	15.57	
pareja 3	440	397	40.22	
hexánico flores 10% pareja 1	298	290	97.31	97.31
hexánico flores 15% pareja 1	788	290	99.23	99.23
hexánico flores 20% pareja 1	180	130	72.22	72.22
hexánico testigo pareja 1	693	652	94.08	89.83
pareja 2	0	0	0	
pareja 3	502	479	95.41	

*Muy significativos

continua

extractos	total huevos	total eclosión	% viabilidad /pareja	% viabilidad /no. parejas
acetónico semillas 5% pareja 1	197	90	45.68	45.68
acetónico semillas 10% pareja 1	396	185	46.71	46.71
acetónico semillas 15% pareja 1	529	343	64.83	48.39
pareja 2	73	25	34.24	
pareja 3	295	136	46.10	
acetónico semillas 20% pareja 1	779	0	0	0*
acetónico hojas 5% pareja 1	280	204	72.85	72.85
acetónico flores 20% pareja 1	499	268	53.70	53.70
acetónico testigo pareja 1	936	603	64.42	80.17
pareja 2	320	307	95.93	

acuoso semillas 10% pareja 1	301	287	95.34	95.34
acuoso semillas 20% pareja 1	618	477	77.18	38.59
pareja 2	48	0	0	
acuoso hojas 5% pareja 1	216	0	0	0*
pareja 2	0	0	0	
acuoso hojas 10 % pareja 1	344	289	84.01	84.01
acuoso hojas 20% pareja 1	164	0	0	0*
acuoso flores 5% pareja 1	18	18	100	100
acuoso flores 10 % pareja 1	11	0	0	0*
acuoso flores 15% pareja 1	87	3	3.44	34.43*
pareja 2	332	0	0	
pareja 3	822	822	100	
acuoso testigo pareja 1	539	471	87.38	69.47
pareja 2	0	0	0	
pareja 3	194	185	95.36	
pareja 4	784	746	95.15	

Otros resultados de viabilidad significativos se registraron en los extractos hexánicos de las semillas al 5 y 10% con 60 y 64.1%, los extractos hexánicos de las hojas al 5 y 15% con un 43.67 y 79.85% de viabilidad, donde este 43.67% de viabilidad es doblemente significativo por registrar un porcentaje menor al 50% del registrado del testigo con hexano

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

el cual fue de 89.83%. También el extracto hexánico de las flores al 20% con un 72.22% de viabilidad resulto ser significativo (cuadro 32).

Otros resultados significativos de los extractos acetónicos fueron registrados en los extractos de las semillas al 5, 10 y 15% con porcentajes de viabilidad de 45.68, 46.71 y 48.39% respectivamente, como también los extractos acetónicos de las hojas al 5 y 20% con 72.85 y 53.70% de viabilidad. En el testigo con acetona se registro un porcentaje de viabilidad de 80.17% (cuadro 32).

Por ultimo, otros resultados significativos de los extractos acuosos se registraron en el extracto acuoso de las flores al 15% con un porcentaje de viabilidad de 34.48%, este valor resulto ser doblemente significativo por registrar un porcentaje de viabilidad inferior al 50% del registrado en el testigo con agua el cual fue de 69.47%. Otro valor significativo fue registro con el extracto acuoso de las semillas al 10% con un 38.59% de viabilidad (cuadro 32).

En forma general, las hojas son las más significativas porque del total de extractos evaluados con hojas (seis), cinco extractos resultaron ser significativos y de estos, dos fueron muy significativos. Le continuaron en importancia las semillas en donde se evaluaron 10 extractos formados de los cuales ocho resultaron ser significativos y de estos, dos fueron muy significativos (cuadro 32).

De los diferentes de extractos, los extractos acuosos registraron los porcentajes más bajos de viabilidad, seguidos de la acetona y el hexano respectivamente (cuadro 32).

Por lo tanto los mejores resultados de la disminución del porcentaje de viabilidad se registraron con el extracto acuoso de las hojas al 5 y 15% (cuadro 32).

Viabilidad de *S. frugiperda* tratado con extractos frescos. En los extractos de las semillas no se formaron parejas por la alta mortalidad registrada. En los extractos hexánicos de las hojas al 5, 15 y 20% y de las flores al 15% fueron muy significativos por presentar un 0% de viabilidad (cuadro 33).

De los extractos acetónicos tampoco se formaron parejas en ninguna parte vegetativa de *C. papaya* (cuadro 33).

De los extractos acuosos en las flores al 5%, se registro un 33.33% de viabilidad, resultando ser doblemente significativo por un porcentaje

inferior al 50% del porcentaje registrado en el testigo el cual fue de 77.86%. Otros extractos acuosos de las flores al 10 y 15% resultaron ser significativos con un 53.73 y 56.71%, respectivamente (cuadro 33).

Cuadro 33. Porcentaje de viabilidad de *S. frugiperda* tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores frescas de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad por administración oral.

extractos	total huevos	total eclosión	% viabilidad /pareja	% viabilidad /no. parejas
hexánico hojas 5% pareja 1	0	0	0	0*
hexánico hojas 15% pareja 1	63	0	0	0*
hexánico hojas 20% pareja 1	0	0	0	0*
hexánico flores 15% pareja 1	63	0	0	0*
hexánico testigo pareja 1	549	486	88.52	88.52

acuoso hojas 15% pareja 1	326	264	80.98	80.94
acuoso flores 5% pareja 1	24	8	33.33	33.33*
acuoso flores 10% pareja 1	428	230	53.73	53.73
acuoso flores 15% pareja 1	201	114	56.71	56.71
acuoso testigo pareja 1	594	486	81.81	77.86
pareja 2	395	201	71.13	
pareja 3	431	354	82.13	

* muy significativo

De modo general, los mejores resultados se obtuvieron con los extractos hexánicos con hojas al 5, 15 y 20% y flores al 15% por registrar un porcentaje de viabilidad de 0% en las hojas y por registrar un porcentaje inferior al 50% de viabilidad en las flores comparado con el testigo.

Al comparar los resultados de los extractos en polvo y frescos se determino que los extractos frescos son los más significativos porque de todos sus extractos evaluados (10), resultaron siete extractos ser significativos y de

entre estos, 5 extractos resultaron ser doblemente significativos, en cambio en los extractos en polvo se evaluaron 26 extractos, de los que resultaron 17 extractos ser significativos y de estos 7 resultaron ser muy significativos.

Viabilidad de hembras solas de *S. frugiperda* tratado con extractos en polvo y frescos. De las hembras que quedaron solas de los diferentes extractos en polvo y frescos se registro que algunas de estas hembras tuvieron la capacidad de formar masas de huevos, de los cuales en la mayoría de los casos no se registro eclosión de larvas. Pero en el extracto hexánico de las flores frescas al 5% se formaron 18 huevos de los cuales eclosionaron 5 larvas (27.77%) (cuadro 34).

Cuadro 34. Porcentaje de viabilidad de hembras solas de *S. frugiperda* tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos semillas, hojas y flores frescas y en polvos de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad por administración oral.

extractos frescos	total huevos	total eclosión	% viabilidad /pareja	% viabilidad /no. parejas
hexánico flores 5%	18	5	27.77	27.77
hexánico hojas 5%	56	0	0	0

extractos en polvo	total huevos	total eclosión	% viabilidad /pareja	% viabilidad /no. parejas
hexanico semillas 15%	98	0	0	0
hexánico hojas 10%	22	0	0	0
hexánico hojas 10%	38	0	0	0
hexánico flores 5%	19	0	0	0
hexánico flores 10%	16•	0	0	0
hexánico flores 10%	15•	0	0	0
hexánico testigo	203	18	8.86	8.86

acetónico semillas 5%	96	0	0	0
acetónico semillas 20 %	53	5	9.43	9.43
acetónico flores 5%	30•	0	0	0
acetónico flores 15%	36•	0	0	0
acetónico flores 15%	166•	0	0	0

acuoso semillas 15%	32	5	15.62	15.62
acuoso flores 20%	194	0	0	0

•capa fibrosa

De los extractos acuosos de las semillas al 15% se formaron 32 huevos, y eclosionaron 5 larvas (15.62%). Otro caso se registro en el extracto acetónico de las semillas en polvos al 20% donde se formaron 53 huevos y eclosionaron 5 larvas (9.43%). Esto mismo paso en el testigo con hexano donde se formaron 203 huevos y eclosionaron 18 larvas (8.86%).

Estos resultados reafirman a los resultados registrados en el polvo de las semillas al 5% de *C. papaya* en dieta artificial en donde también eclosionaron larvas de hembras solas de *S. frugiperda*.

En el cuadro 35 se ilustra el análisis comparativo de los resultados registrados en el bioensayo de toxicidad por administración oral sobre *S. frugiperda*.

Cuadro 35. Síntesis de los valores significativos de las variables evaluadas sobre *S. frugiperda* tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de semillas, hojas y flores frescas y en polvos de *C. papaya* en bioensayo de toxicidad por administración oral.

extracto	mortalidad	desarrollo	peso	emergencia	anormalidad	viabilidad
fresco	semillas - acetona semillas-hexano semillas-agua flores-acetona hojas-acetona	semillas -agua	semillas-acetona flores-acetona	semillas acetona semillas hexano semillas-agua flores acetona hojas acetona	hojas-agua	hojas-hexano flores-hexano
en polvo	semillas-acetona flores-acetona hojas acetona	hojas acetona	semillas-hexano	semillas-acetona flores-acetona hojas acetona	hojas flores	hojas-agua

En el cuadro 36 se ilustra una síntesis comparativa de las variables evaluadas con diferentes tipos de extractos frescos y en polvo de *C. papaya* en los bioensayos de toxicidad de contacto, fulminante y por administración oral de donde se determinó que:

- Las semillas son la mejor parte de la planta, seguidas de las hojas.
- El estado fresco de la planta es el más significativo.
- El mejor disolvente fue la acetona seguido del agua.
- El bioensayo por toxicidad por administración oral es el mejor.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 36. Síntesis de los valores significativos de las variables evaluadas sobre *S. frugiperda* tratado con extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de las semillas, hojas y flores frescas y en polvos de *C. papaya* en bioensayos de toxicidad de contacto, fulminante y por administración oral.

bioensayo	mortalidad	desarrollo	peso	emergencia	anormalidad	viabilidad
contacto	semillas-acetona	semillas-acetona	semillas-agua			
extracto fresco	hojas-acetona		hojas-agua			
	hojas-agua		flores-agua			
extracto en polvo	semillas-acetona	semillas-acetona	semillas-hexano			

bioensayo	mortalidad	desarrollo	peso	emergencia	anormalidad	viabilidad
fulminante	semillas-acetona					
extracto fresco	semillas-acetona					
extracto en polvo	semillas-acetona					

bioensayo	mortalidad	desarrollo	peso	emergencia	anormalidad	viabilidad
ingestión directa	semillas-acetona			semillas-acetona		hojas-hexano
extracto fresco	semillas-hexano	semillas-agua	semillas-acetona	semillas-hexano	hojas-agua	flores-hexano
	flores-agua		flores-acetona	semillas-agua		
	hojas-acetona			hojas-acetona		
extracto en polvo	semillas-acetona	hojas-acetona	semillas-hexano	semillas-acetona	hojas	hojas-agua
	flores-acetona			flores-acetona	flores	
	hojas-acetona			hojas-acetona		

ESTUDIOS QUÍMICOS

Primera fase.

Bioensayo de toxicidad por administración oral de extractos acetónicos y hexánicos (frío ó caliente) de *C. papaya*.

Mortalidad y desarrollo larval de *S. frugiperda*. Los resultados del cuadro 37 ilustran que todos los extractos fríos y calientes fueron significativos con o más del 50% de mortalidad de *S. frugiperda*. También la reunión 16-17 y la fracción 45 del extracto acetónico frío fueron tratamientos, con una mortalidad de larvas del 60% en ambos tratamientos. En los testigos se registro una mortalidad nula. Las demás fracciones y la reunión 31-32 del extracto acetónico frío no resultaron ser significativos. Es muy importante mencionar que los resultados significativos de la mortalidad registrada en los extractos hexánicos y acetónicos, reafirman la mortalidad registrada de *S. frugiperda* de estos mismos extractos en la prueba de toxicidad por administración oral.

Con esta prueba no se registraron diferencias significativas en la duración (días) del periodo larval en los tratamientos con respecto a los testigos.

Cuadro 37. Porcentajes de mortalidad y desarrollo de larvas del primer estadio de *S. frugiperda* tratado con diversos extractos hexánicos y acetónicos, y con las fracciones y reuniones del extracto acetónico de las semillas frescas de *C. papaya*.

tratamientos	mortalidad larval	desarrollo larval
extracto de hexano en caliente	50	18
extracto de hexano en frío	50	19
extracto de acetona en caliente	60	20
extracto de acetona en frío	70	19.5
extracto de acetona en frío 16-17	60	18.5
45	60	18.5
43	40	19.5
46	40	20
41	30	20
42	30	20.5
44	30	19
19	20	19.5
31-32	20	20
20	10	20
30	10	20
33	10	20
38	10	18.5
testigo con hexano	0	18
testigo con acetona	0	19
testigo sin disolvente	0	19

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Suma de crecimiento (peso larval). No se encontraron diferencias significativas entre los pesos larvales del testigo con los extractos hexánicos y acetónicos en frío y caliente. Con estos resultados se reafirma que todos estos extractos son químicamente parecidos. En cambio si se registraron diferencias significativas entre el testigo y la reunión 16-17 del extracto acetónico en frío ($q= 6.238, \alpha < 0.05$ cuadro 38).

Cuadro 38. Diferencia de peso larval de *S. frugiperda* tratado con diversos extractos hexánicos y acetónicos, y con las fracciones y reuniones del extracto acetónico de las semillas frescas de *C. papaya*.

comparación: testigo-reunión.

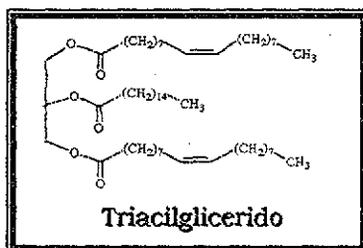
comparación	trat. dif.	q	$\alpha < 0.05$
testigo vs reunión 16-17	210.450	6.238	si

Se observó que al ser fraccionado el extracto acetónico de las semillas frescas en frío, su fracción 45 y reunión 16-17 resultaron ser significativas con un 60% de mortalidad de *S. frugiperda*, y que la reunión 16-17 registro una diferencia significativa del peso larval del insecto, por lo que esta reunión fue doblemente significativa.

Segunda fase.

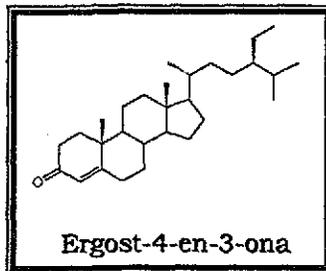
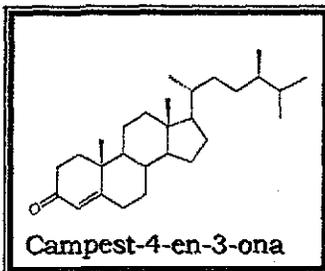
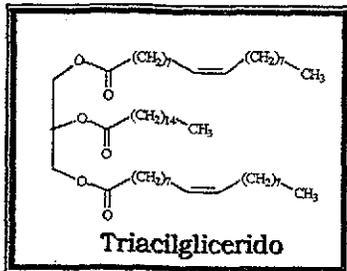
Cromatografía en columna de las semillas en polvos de *C. papaya*. La separación cromatográfica del extracto acetónico de las semillas en polvos de *C. papaya* permitió la obtención de 132 fracciones de 300 ml que fueron reunidas en siete grupos. Estos, fueron resueltos en sus componentes individuales mediante recromatografías sucesivas (figura 4). Una vez aislados los compuestos puros, para su elucidación estructural, fueron enviados a los análisis espectroscópicos de IR, RMN¹H y RMN¹³C. El análisis de los parámetros espectroscópicos obtenidos de la aplicación de estas técnicas permitió proponer la estructura molecular correspondiente. A continuación se describen los compuestos obtenidos de cada grupo:

GRUPO A:



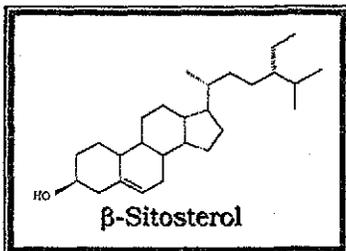
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRUPO B:



Mezcla		
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Acido mirístico	Acido palmítico	Acido oleico
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$
Acido heptadecen-8-oico	Acido esteárico	Acido araquidónico

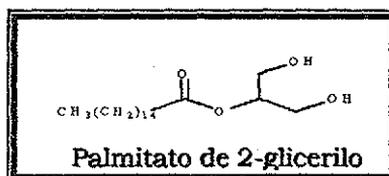
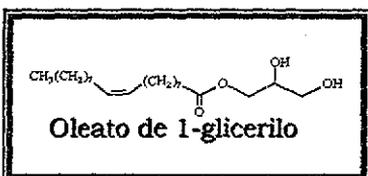
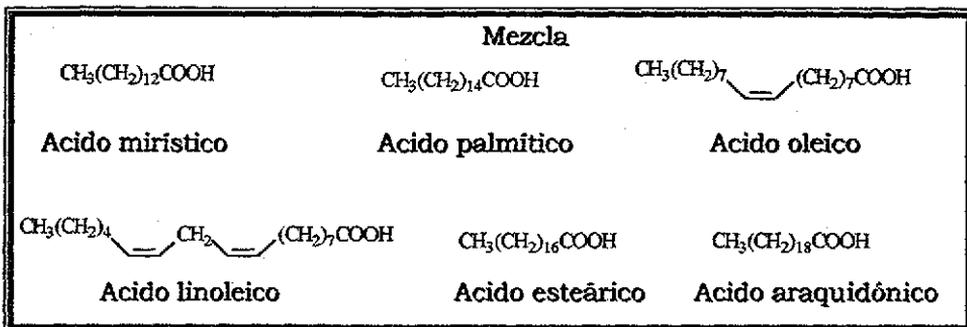
GRUPO C:



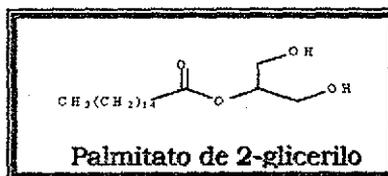
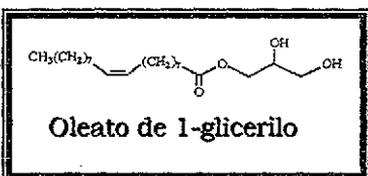
GRUPO D:

Mezcla		
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Acido mirístico	Acido palmítico	Acido oleico
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$
Acido heptadecen-8-oico	Acido esteárico	Acido araquidónico

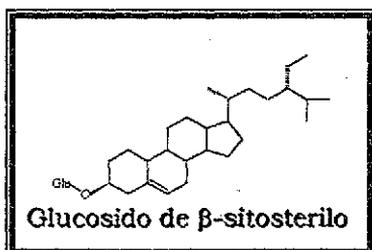
GRUPO E:



GRUPO F:



GRUPO G:



Bioensayo de toxicidad por administración oral del extracto acetónico de semillas en polvo de *C. papaya*.

Mortalidad y desarrollo larval de *S. frugiperda*. La reunión 85-100 fue la más significativa con 100% de mortalidad larval seguida de la reunión 42-49 con un 95% de mortalidad. Otras reuniones que también fueron significativas fueron la 18-25; 111-120 y 28-29 con un 75, 60 y 55% de mortalidad larval respectivamente. En los testigos se registro una mortalidad del 5 y 10% (cuadro 39).

Estos resultados son doblemente importantes ya que al ser fraccionado el extracto acetónico de las semillas en polvos siguen siendo activas varias de sus reuniones, donde se volvió a registrar una mortalidad entre 95-100% de *S. frugiperda*. Porcentaje de mortalidad que anteriormente se había expresado en las concentraciones del extracto acetónico de las semillas frescas con un 100% y con un 60% en la fracción 45 y la reunión 16-17 del extracto acetónico de las semillas frescas (cuadro 39).

Los resultados de desarrollo larval indicaron que tampoco en esta prueba se registraron diferencias (días) de desarrollo de *S. frugiperda* en todas las reuniones comparadas con los testigos (cuadro 39).

Cuadro 39. Porcentajes de mortalidad y desarrollo larval del primer estadio de *S. frugiperda* tratado con reuniones originales (1000 mg/15 ml acetona) del extracto acetónico de semillas en polvo de *C. papaya*.

tratamientos	mortalidad larval			desarrollo larval		
	primera repetición	segunda repetición n	total	primera repetición n	segunda repetición n	total
grupo a: 3-7	50	30	40	18	19	18.5
grupo b: 10-16	40	50	45	17	19	18
grupo c: 18-25	70	80	75	19	20	19.5
grupo d: 26-29	60	50	55	21	21	21
grupo e: 30-41	60	80	70	20	20	20
grupo e: 42-49	90	100	95	18	18	18
grupo f: 59-76	20	20	20	17	17	17
grupo g: 85-100	100	100	100	19	19	19
grupo g: 111-120	70	50	60	21	20	20.5
testigo c/acetona	10	0	5	20	21	20.5
testigo s/disolvente	10	10	10	19	18	18.5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Suma de crecimiento (peso larval). Los resultados de los pesos larvales de la reunión 85-100 fueron los más significativos ($q= 6.890$, $\alpha<0.05$) seguida de las reuniones 111-120, 42-49 y 30-41 con los valores significativos ($q=5.711$, 5.404 y 5.3331 , $\alpha<0.05$) respectivamente. En el cuadro 40 se ilustran otros valores significativos registrados de las reuniones del extracto acetónico de las semillas en polvos, de los cuales, los resultados de los pesos larvales de *S. frugiperda* más significativos se registraron en forma regresiva de las reuniones más polares a las menos polares del extracto.

Cuadro 40. Diferencia de peso larval de *S. frugiperda* tratado con reuniones originales (1000 mg/15 ml acetona) del extracto acetónico de semillas en polvo de *C. papaya*.

comparación: testigo-reunión.

comparación	trat. dif	q'	$\alpha<0.05$
testigo vs reunión 85-100	1270.000	6.890	si
testigo vs reunión 111-120	1974.500	5.711	si
testigo vs reunión 42-49	1025.000	5.404	si
testigo vs reunión 30-41	970.000	5.331	si
testigo vs reunión 26-29	967.000	4.992	si
testigo vs reunión 18-25	910.500	4.930	si
testigo vs reunión 10-16	888.500	4.703	si
testigo vs reunión 3-7	805.000	4.399	si
testigo vs reunión 59-76	89.500	3.383	si

De manera que se determino que varias de las reuniones originales de este extracto en 1000 mg/15 ml de acetona son activos en la mortalidad y peso larval de *S. frugiperda*, de los cuales los compuestos más polares son los más activos. Por lo que es necesario probar los compuestos puros para reafirmar lo expresado en esta prueba.

Bioensayo de toxicidad por administración oral con los compuestos puros del extracto acetónico de las semillas en polvo de *C. papaya*.

Mortalidad y desarrollo de larvas del primer estadio y 50 mg Larval¹ de *S. frugiperda*. Los resultados de mortalidad de larvas del primer estadio de *S. frugiperda* fueron significativos con los compuestos glucosido de β -sitosterilo y la mezcla de los ácidos: mirístico, palmítico, oleico, heptadecen-8-ioco, esteárico y araquidónico en una concentración de 100 mg/1.5 ml de acetona registrando una mortalidad larval del 50% en ambos casos. Estos resultados reafirman que estos compuestos siguen

siendo activos sobre *S. frugiperda*, en cambio, en la mezcla de los compuestos: oleato de 1-glicerilo y palmito de 2-glicerilo se pierde su actividad insecticida al ser purificados los compuestos (cuadro 41).

Los resultados de la mortalidad de todos los compuestos sobre larvas de 50 mg Larval⁻¹ no fueron significativos, dejando de presentar la actividad insecticida de los compuestos sobre este tamaño de larvas de *S. frugiperda*. Tampoco fueron significativos los tiempos (días) de desarrollo larval en ambos tamaños de larvas del insecto tratado con todos los compuestos puros (cuadro 41).

Cuadro 41. Porcentajes de mortalidad y desarrollo de *S. frugiperda* (larvas primer estadio y 50 mg Larval⁻¹) tratado con compuestos puros (100 mg/1.5 ml acetona) del extracto acetónico de semillas en polvo de *C. papaya*.

tratamientos compuestos puros	mortalidad larval	desarrollo larval
larvas primer estadio triacilglicerido	30	22.2
mezcla de ácidos: mirístico, palmítico, oleico, heptadecen-8-oico, esteárico y araquidónico	50	22
mezcla de los compuestos: oleato de 1-glicerilo y parmito de 2-glicerilo	30	22
glucosido de β-sitosterilo	50	22
testigo c/acetona	0	22
testigo s/disolvente	0	22.2

larvas 50 mg Larval ⁻¹ triacilglicerido	10	13
mezcla de ácidos: mirístico, palmítico, oleico, heptadecen-8-oico, esteárico y araquidónico	10	13
mezcla de los compuestos: oleato de 1-glicerilo y parmito de 2-glicerilo	20	13.5
glucosido de β-sitosterilo	10	15.6
testigo c/acetona	0	14.9
testigo s/disolvente	0	15.6

Suma de crecimiento (peso larval). Los resultados de los pesos larvales en ambos tamaños de larvas de *S. frugiperda* fueron significativos todos los compuestos (cuadro 42). Sobre larvas del primer estadio, la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

mezcla de los ácidos: mirístico, palmítico, oleico, heptadecen-8-oico, esteárico y araquidónico fueron el más significativo ($q=5.892$, $\alpha<0.05$) seguido del compuesto triacilglicerido, la mezcla de compuestos: oleico de 1-glicerilo y palmito de 2-glicerilo y el compuesto glucosido de β -sitosterilo ($q=4.448$, 3.118 y 2.731 , $\alpha<0.05$; cuadro 42).

En los pesos larvales de las larvas de $50 \text{ mg Larval}^{-1}$ resulto ser el compuesto glucosido de β -sitosterilo el más significativo ($q=3.822$, $\alpha<0.05$) seguido de la mezcla de compuestos: oleico de 1-glicerilo y palmito de 2-glicerilo y el compuesto triacilglicerido ($q=3.600$ y 3.118 , $\alpha<0.05$; cuadro 42).

Cuadro 42. Diferencia de peso larval de *S. frugiperda* (larvas primer estadio y $50 \text{ mg Larval}^{-1}$) tratado con compuestos puros ($100 \text{ mg}/1.5 \text{ ml}$ acetona) del extracto acetónico de semillas en polvos de *C. papaya*.

comparación: testigo-compuesto.

comparación	trat. dif.	q'	$\alpha<0.05$
larvas primer estadio			
testigo vs mezcla de ácidos: mirístico, palmítico, oleico heptadecan-8-oico esteárico y araquidónico	304	5.892	si
testigo vs triacilglicerido	290	4.448	si
testigo vs mezcla de oleato de 1-glicerilo y palmito de 2-glicerilo	163	3.118	si
testigo vs glucosido de β -sitosterilo	107.5	2.731	si
larvas $50 \text{ mg larval}^{-1}$			
testigo vs glucosido de β -sitosterilo	298.5	3.822	si
testigo vs mezcla de oleato de 1-glicerilo y palmito de 2-glicerilo	169.5	3.600	si
testigo vs triacilglicerido	163	3.118	si

Estos compuestos no presentan un efecto en la duración del desarrollo larval pero, si presentan un efecto en la alimentación por presentar un efecto significativo del peso larval de *S. frugiperda*.

Con estos resultados se concluye, que el compuesto glucosido de β -sitosterilo y la mezcla de ácidos: mirístico, palmítico, oleico, heptadecen-8-oico, esteárico y araquidónico pueden ser considerados como prospectos para ser probados como bioinsectidas sobre *S. frugiperda* por registrar más del 50% de mortalidad larval del insecto. La mezcla de los compuestos

oleato de 1-glicerilo y palmito de 2-glicerilo puede ser considerada en segundo termino.

PRUEBA EN INVERNADERO

Las concentraciones de 15 y 20% del extracto de hojas frescas de *C. papaya* reducen el daño en un 75%. También se registro un 50% de reducción de daño con la concentración del 20% de los extractos de las semillas frescas hojas en polvo y la concentración del 10% del extracto de las hojas frescas. En todos los demás extractos, tanto frescos como en polvo de las semillas y las flores no se registraron valores significativos en las reducción del daño del gusano cogollero

Por lo tanto las larvas de *S. frugiperda* no fueron eliminadas por que siempre se incremento el porcentaje de daño en el maíz. Estas larvas se observaron preferentemente en el cogollo y ocasionalmente en las hojas de la planta.

Cuadro 43. Evaluación en invernadero de extractos acuosos de las semillas, hojas y flores frescas y en polvo de *C. papaya* contra *S. frugiperda*.

extractos acuosos	% daño total	extractos acuosos	% daño total	extractos acuosos	% daño total
frescos		frescos		frescos	
semillas 2.8 g	100	hojas 2.8 g	75	flores 2.8 g	100
semillas 5.6 g	100	hojas 5.6 g	50	flores 5.6 g	100
semillas 8.4	75	hojas 8.4 g	25	flores 8.4 g	100
semillas 11.2	50	hojas 11.2 g	25	flores 11.2 g	100
en polvo		en polvo		en polvo	
semillas 2.8 g	100	hojas 2.8 g	100	flores 2.8 g	100
semillas 5.6 g	100	hojas 5.6 g	75	flores 5.6 g	100
semillas 8.4 g	75	hojas 8.4 g	75	flores 8.4 g	100
semillas 11.2 g	75	hojas 11.2 g	50	flores 11.2 g	100
testigo	100	testigo	100	testigo	100

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DISCUSIÓN

Este trabajo muestra en la evaluación de *S. frugiperda* en dieta artificial, que las semillas de *Carica papaya* (Caricaceae) y *Bromelia hemispaerica* (Bromelaceae), como las hojas de *Prosopis juliflora* (Leguminosae) en forma de polvo al 15% (8.4 g) poseen un efecto tóxico sobre las larvas del primer estadio de *S. frugiperda* de las cuales, *Carica papaya* causa un 100% de mortalidad en 24 h del postratamiento. Además en una segunda prueba con dieta artificial, las concentraciones al 15 (8.6 g) y 10% (5.6 g) del polvo de *Carica papaya* causaron alteraciones fisiológicas importantes sobre larvas de 1000 mg Larval⁻¹ provocando la mortalidad de 100-85% respectivamente. En cambio, las plantas de *Pithecellobium dulce* (Leguminosae) y *Crecentia alata* (Bignoniaceae) poseen un efecto antialimentario por que las larvas presentan menos peso y se provocó un alargamiento del tiempo del ciclo de desarrollo. Esto mismo se observó en la segunda prueba, donde las larvas de 1000 mg larval⁻¹ evaluadas con concentraciones al 5, 10 y 15% del polvo de las semillas de *Carica papaya* disminuyen el peso larval y se alarga el tiempo del ciclo de desarrollo.

Muchos extractos e infusiones de plantas reflejan estos mismos comportamientos frente a *S. frugiperda*. Las infusiones de *Lopezia racemosa* (Onagraceae) y *Coriaria thymifolia* presentan un efecto tóxico de 44.7 y 40.9% respectivamente sobre *S. frugiperda* (Rodríguez, et al. 1982), como los extractos acuosos de *Montanoa grandiflora*, *Senecio tolucanus*, *Arctostaphylos pungens*, *Salvia tiliafolia*, *Brongniarta intermedia*, *Buddleia cordata*, *Buddleia parviflora*, *Gaura coccinea* y *Archemilla procumbens* (Salgado, 1985). Los extractos metanólicos de tallo y flores/semillas de *Vitex trifolia* con una concentración media (Cl₅₀) de 539 y 412 µg/cm² en dieta artificial poseen un efecto tóxico sobre larvas del tercer estadio de *S. frugiperda* (Roman, 1998).

En cambio se han reportados muchas plantas con efectos antialimentarios sobre *S. frugiperda* como: *Stevia serrato*, *Erodium cicutarium*, *Salvia tiliafolia*, *Sphaeralcea angustifolia*, *Sida* sp. y *Erúngium comosun* que afectaron el peso larval de *S. frugiperda* en dieta artificial (Rodríguez, et al. 1982), como también son antialimentarios los extractos acuosos de *Artemisia lodoviciana*, *Coriaria thymifolia*, *Euphorbia prostata*, *Monnina* sp. y las infusiones de *Artemisia lodoviciana*, *Euphorbia prostata*, *Monnina* sp., *Montanoa frutescens*, *Stevia arvensis*, *Ricinus comunis*, *Leucaena* sp. (Salgado, 1985).

Al usar polvos al 15% (8.4 g) de las plantas *Azandirachta indica*, *Ipomea purpurea*, *Solanum* sp., *Crecentia alata*, *Leucaena glauca*, *Sida* sp. y

Pithecellobium dulce se presentó un efecto del alargamiento del desarrollo larval y una inhibición del peso larval de *S. frugiperda* (Aldana, et al. 1993; Martínez, et al. 1996). En el presente trabajo también los polvos al 15% (8.4 g) de *Pithecellobium dulce* y *Crecentia alata* provocaron un alargamiento desarrollo larval (62 y 43 días) y una inhibición del peso larval ($q = 8.572$ y $q = 6.433$, $\alpha < 0.05$) en dieta artificial.

Otros estudios que han reportado un efecto antialimentario sobre *S. frugiperda* en bioensayo en dieta artificial son los extractos crudos de *Vitex trifolia* en una dosis de 1 mg/cm² (Heraso, 1998), como los extractos metanólicos de las hojas de *Galphimia glauca* afectaron el crecimiento y desarrollo del gusano cogollero (Roman, 1998).

En el presente trabajo los polvos de las semillas de *Bromelia hemisphaerica* y las hojas *Verbesina crocata*, *Prosopis juliflora*, *Pithecellobium dulce* *Crecentia alata* y *Gronovia scandens* provocaron un efecto fisiológico anormal de adultos "alas arrugadas" y en las plantas *Verbesina crocata* y *Bromelia hemisphaerica* también se observaron posturas de masas huevos arrugados, con lo cual se provocó una disminución del porcentaje de la viabilidad de *S. frugiperda*. Este insecto realiza la copula en el vuelo, a través de la liberación de la feromona sexual del *cis-9-tretadecen-1-01* acetato (Sekul y Sparks, 1967, en Camino, 1988), pero, al haber adultos con alas "arrugadas" se interrumpe la copula de *S. frugiperda*.

Roman (1998) concluyó que los extractos metanólicos de las hojas de *Galphimia glauca* en dieta artificial provocaron la interrupción de la formación de pupas de *S. frugiperda* y en el presente trabajo la concentración al 10% (5.6 g) del polvo de *Carica papaya* ocasiono un efecto fisiológico del 70% de pupas partidas horizontalmente provocando la mortalidad de *S. frugiperda*.

En la evaluación de *S. frugiperda* con extractos de *Carica papaya* de este estudio, tanto los extractos acetónicos de las semillas frescas y en polvo como los extractos acetonicos y acuosos de las hojas frescas de *Carica papaya* poseen un efecto tóxico, disminuyen el peso larval y alargan el ciclo de desarrollo sobre larvas de 50 mg Larval⁻¹ de *S. frugiperda* en el bioensayo de toxicidad de contacto.

En el bioensayo de toxicidad fulminante, los extractos acetónicos y de las semillas frescas y en polvo, presentan un efecto tóxico sobre las larvas de 50 mg Larval⁻¹ con lo cual se reafirma lo expresado por el bioensayo de toxicidad de contacto.

En el bioensayo de toxicidad por administración oral, los extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de las semillas frescas o en polvo como los extractos acetónicos de las hojas y flores frescas y en polvo continuaron presentando un efecto tóxico (hasta en un 100% de mortalidad en los extractos acetónicos de las semillas frescas). El alargamiento del ciclo de desarrollo se observó en los extractos acuosos de las semillas frescas y en extractos acetónicos de las hojas en polvo. La disminución del peso larval se observó con los extractos acetónicos de las semillas y hojas frescas, como en los extractos hexánicos de semillas en polvo. Los efectos fisiológicos se detectaron en los extractos acuosos de las hojas frescas y con los extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de las hojas y flores en polvo.

Al analizar los resultados de mortalidad de *S. frugiperda* en los bioensayos se detectó que en varios extractos las concentraciones inferiores fueron más significativas que las concentraciones altas, la explicación de este comportamiento es que posiblemente el material fresco o en polvo de *Carica papaya* no presentó una distribución homogénea en el disolvente.

En una serie de bioensayos realizados con el compuesto rhodojaponin III se determinó que los mejores resultados del efecto antialimentario sobre *S. frugiperda* se obtuvieron con el uso del bioensayo de discos de hojas de *Solanum tuberosum* (Hu, et al. 1993). Este mismo fenómeno se observó en el presente trabajo al evaluar los extractos de *Carica papaya*, el efecto más tóxico y antialimentario sobre larvas del primer estadio de *S. frugiperda* se detectó con el uso del bioensayo de toxicidad por administración oral con hojas de maíz de 4 x 3 cm.

Los extractos crudos de las hojas-DCM de *Vitex trifolia* en una dosis de 1 mg/cm² añadidos en la superficie de la dieta poseen un efecto tóxico sobre *S. frugiperda* (Heraso, 1998). En el presente trabajo los extractos hexánicos, acetónicos y acuosos de las semillas frescas fueron los más tóxicos porque se registraron valores de hasta un 100% de mortalidad en los extractos acetónicos en el bioensayo de toxicidad por administración oral.

En cambio, Kumul (1983) menciona que los extractos acuosos de *Picta elongata*, *Naulaena lobata*, *Salvia purpurea* y *Lopezia hirsuta* poseen un efecto antialimentario sobre *S. frugiperda*. En el presente trabajo los extractos acuosos de las semillas, hojas y flores frescas, los extractos acetónicos de las semillas y flores frescas y los extractos hexánicos de las semillas en polvo disminuyeron el peso larval de *S. frugiperda*.

En cuanto a la duración del ciclo de desarrollo, en un trabajo realizado por Vargas (1977) se determinó que las larvas de *S. frugiperda* alimentadas con maíz y sorgo completaron su ciclo de desarrollo en 35-41 y 26.6-42.2 días promedios. En el presente trabajo las larvas alimentadas con hojas de maíz en el bioensayo de toxicidad por administración oral completaron su ciclo de desarrollo en 44.2-68.3 días promedios.

En el presente trabajo en el bioensayo de toxicidad por administración oral los extractos hexánicos de las hojas y flores frescas y los extractos acuosos de las hojas en polvo registraron un 0% de viabilidad siendo muy importantes por la nula descendencia de *S. frugiperda*. Vargas (1977) reporta un 90.1 y 77.1% de eclosión de larvas de *S. frugiperda* alimentadas con maíz y sorgo y este autor reporta que existieron parejas que registraron una nula postura de huevos. Este mismo fenómeno se observó en el presente trabajo tanto en los tratamientos como en los testigos. Pero, en caso contrario en este trabajo se observó la postura de huevos y eclosión de larvas hechas por hembras solas tanto en los diversos extractos de *Carica papaya* en estado fresco y en polvo como en el testigo. Estas observaciones son muy importantes porque no se ha reportado que *S. frugiperda* presente este comportamiento en condiciones normales.

En los estudios fitoquímicos del presente trabajo, todos los extractos hexánicos y acetónicos fríos y calientes (infusiones), como la reunión 16-17 y la fracción 45 de extracto acetónico en frío de las semillas frescas continuaron presentando un efecto tóxico sobre larvas del primer estadio de *S. frugiperda*. Estos resultados reafirman lo expresado en la segunda etapa por los extractos acetónicos de las semillas frescas de *Carica papaya*.

Del extracto acetónico de las semillas en polvo de *Carica papaya* las reuniones 10-16, 26-29, 42-49, 85-100 y 111-120 en 1 g/15 ml de acetona (1000 ppm) y los compuestos glucosido de β -sitosterilo y la mezcla de ácidos: mirístico, palmítico, oleico, heptadecen-8-oico, esteárico y araquidónico en 100 mg/1.5 ml de acetona (100 ppm) presentan un efecto tóxico sobre larvas del primer estadio y dejan de ser activos sobre larvas de 50 mg Larval⁻¹ de *S. frugiperda*. Al analizar los resultados de mortalidad sobre larvas del primer estadio se observa que las reuniones fueron más activas que los compuestos puros. También se observó que son más tóxicos los compuestos polares que los menos polares sobre *S. frugiperda*.

También el compuesto glucosido de β -sitosterilo, la mezcla de ácidos: mirístico, palmítico, oleico, heptadecen-8-oico, esteárico y araquidónico, poseen un efecto antialimentario en ambos tamaños de larvas por causar la disminución del peso larval.

Se han realizado muchas investigaciones sobre los compuestos evaluados sobre *S. frugiperda* con resultados positivos de los efectos tóxicos, antialimentarios o en su caso ambos efectos. Con efecto tóxico el compuesto rhodojaponim III de *Rhododendron molle* resulta ser activo con una DL₅₀ de 8.8 ppm en dieta artificial (Hu, et al. 1993). Con un efecto antialimentario los ácidos hautriwaico y kerlinico (Aldana, 1992), el compuesto rhodojaponim III (Hu, et al. 1993). O bien con ambos efectos (tóxico y antialimentario el compuesto rhodojaponim III en dieta artificial (Chiu, 1985; Klocke, et al. 1991), el diterpeno grandifolida A (C₂₆H₃₆O₅) en 50 y 100 ppm causó un efecto antialimentario en un 50% y un efecto tóxico del 80-100% (Camino, et al. 1992) y el terpeno piquerol A de la planta *Fiqueria trinervia* (Asteraceae) (Jiménez y Rodríguez, 1990).

Otros efectos son acusados por los compuestos de la marrubina y marrubina reducida en 50-100 ppm provocan la formación de "alas arrugadas" en *S. frugiperda*, o bien el compuesto rhodojaponim III en 50 ppm provoca una total inhibición de la viabilidad de *S. frugiperda* (Hu, et al. 1993).

Se han reportado compuestos con actividad antialimentaria contra otras especies del género de *Spodoptera*, como el alcaloide vinplastina de *Cathartus roseus* (Heal, et al. 1950 en González, 1986) y los dipertenos joderlin T y 14,15-dihydrojodrellin T en 850 ppm (Rodríguez, et al. 1982) sobre *S. littoralis*. El compuesto dithiane a una concentración de 50 mg/g (500 ppm), el clerodin en 3-6 ppm en un 50% (Antonius y Saito, 1981) y el alcaloide isobaldina (*Cocculus trilobus*) en 200 ppm (Munkata, 1974 en González, 1986) sobre *S. litura*. Los diterpenos ajugarin I, II y III sobre *S. exampita* (Kubo, et al. 1979; Kubo et al. 1981).

Los compuestos furofaran anillados y los epoxi-diocetatos de *trans*-decalina de *Clerodendron infortunatum* actúan como sinergistas sobre larvas de *S. litura* (Geuskens, et al. 1983).

Se han realizado la síntesis de feromonas sexuales como la de *Spodoptera frugiperda* (Warthen, 1968) o bien, la síntesis de compuestos como el perhidrofuro (2-3 b) furan que inhibe la alimentación de *Spodoptera litura* (Kojima y Kato en Gonzalez, 1986). En el presente trabajo el compuesto glucosido de β -sitosterilo, la mezcla de ácidos: mirístico, palmítico, oleico, heptadecen-8-oico, esteárico y araquidónico, y la mezcla de los compuestos oleato de 1-glicerilo y palmito de 2-glicerilo de las semillas en polvo de *Carica papaya* faltan por ser evaluados directamente en campo y ver si no se registran una toxicidad potencial en mamíferos para que puedan ser considerados como bioinsecticidas contra *S. frugiperda* y ver la posibilidad de su síntesis.

En la prueba de invernadero del presente estudio, con una sola aplicación de los extractos acuosos de las hojas frescas al 15 (8.4 g) y 20% (11.2 g) de *Carica papaya* se provocó la disminución del 75% de daño causado por larvas de 50 mg Larval¹ de *S. frugiperda* sobre el maíz, como un 50% de disminución de daños del gusano cogollero provocado por los extractos de las hojas frescas al 10%, las hojas en polvo al 20% y las semillas frescas al 20%. Ayala y Lagunes (1986) reportaron en una prueba de invernadero con cinco aplicaciones de los extractos de *Hippocratea* sp. y todos los tratamientos de *Trichilia americana* como el extracto de *Lopesia hirsuta* ocasionaron una reducción de daño en un 60 y un 40% respectivamente de *S. frugiperda* en maíz. De la misma manera la planta de *Ricinus comunis* en infusiones de 3 y 9 aplicaciones y en extractos con 6 y 9 aplicaciones reduce un 40% de daño causado por *S. frugiperda*.

Los extractos acuosos al 10% de *Trichilia havanensis* con 2 aplicaciones/semana y con 3 aplicaciones/semana de *T. americana* y *Ricinus communis* proporcionaron una protección al cultivo del maíz, con un rendimiento estimado de 2.54, 2.49 y 2.37 ton/ha respectivamente. De estas tres plantas, *Ricinus comunis* socioeconómicamente, se puede considerar el mejor tratamiento por su amplia distribución en México (Villar, et al. 1990).

Con la aplicación del extracto acetónico de las flores de *Rhododendron molle* en una concentración de 5,000 ppm fueron protegidas las plantas de *Solanum tuberosum* del ataque de *S. frugiperda* y con la aplicación del compuesto rhodojaponin III en una concentración de 150 ppm, se reduce en un 96-135 el daño ocasionado por *S. frugiperda* en esta mismas plantas (Hu, et al. 1993).

Estos resultados son muy importantes para la agricultura y la salud, porque con el uso de extractos acuosos se evita la aplicación de insecticidas sintéticos y se disminuyen los costos de cultivo. Las tendencias comerciales actuales es la de obtener productos naturales con mínimas alteraciones químicas, comercializando extractos vegetales crudos o semipurificados con actividad biológica potente.

CONCLUSIONES

EVALUACIÓN DE *S. frugiperda* EN DIETA ARTIFICIAL

Los polvos al 15% de *Carica papaya*, *Bromelia hemisphaerica* y *Prosopis juliflora* poseen un efecto tóxico sobre larvas del primer estadio.

Los polvos al 15% de *Pithecellobium dulce*, *Crecentia alata* y *Leucopremna mexicana* poseen un efecto antialimentario sobre larvas del primer estadio.

Los polvos al 15% de *Bromelia hemisphaerica*, *Prosopis juliflora*, *Verbesina crocata* y *Crecentia alata* provocaron formación de alas arrugadas. Y los polvos de *Bromelia hemisphaerica* y *Verbesina crocata* provocaron también la formación de huevos arrugados, con lo cual afectaron junto con *Lupinus campestris*, el porcentaje de viabilidad.

El polvo de *Carica papaya* en concentraciones de 10 y 15% poseen un efecto tóxico, provocan la disminución del peso larval y pupal, y alargan el ciclo de desarrollo sobre larvas de 1000 mg larval⁻¹.

La concentración al 10% también provocó un efecto fisiológico con la formación de pupas partidas horizontalmente.

EVALUACIÓN DE *S. frugiperda* CON EXTRACTOS DE *C. papaya*

➤ Bioensayo de toxicidad de contacto.

Los extractos acetónico de las semillas frescas y en polvo como los extractos acetónicos y acuosos de las hojas frescas poseen un efecto tóxico sobre larvas de 50 mg Larval⁻¹.

Los extractos acuosos de las semillas, hojas y flores frescas y el extracto hexánico de las semillas en polvo provocaron la disminución de peso larval, y los extractos de las semillas frescas o y en polvo provocaron un alargamiento del ciclo de desarrollo sobre larvas de 50 mg Larval⁻¹.

➤ Bioensayo de toxicidad fulminante.

Los extractos acetónicos de las semillas frescas y en polvo como los extractos acuosos de las hojas en polvo poseen un efecto tóxico sobre larvas de 50 mg Larval⁻¹.

➤ Bioensayo de toxicidad por administración oral.

Los extractos acetónicos, hexánicos y acuosos de las semillas frescas y los extractos acetónicos de las hojas y flores frescas poseen un efecto tóxico sobre larvas del primer estadio.

Los extractos acetónicos de las semillas y flores frescas y el extracto hexánico de las semillas en polvo provocaron la disminución del peso larval.

Los extractos acuosos de las semillas frescas y el extracto acetónico de las hojas en polvo provocaron el alargamiento del ciclo de desarrollo sobre larvas del primer estadio.

Los extractos acuosos de las hojas y flores frescas, los extractos hexánicos de las semillas y hojas frescas, los extractos hexánicos acetónicos y acuosos de las hojas y flores en polvo provocaron la formación de alas arrugadas.

Los extractos acuosos de las flores frescas al 10 y 15% como los extractos hexánicos de las semillas en polvo al 5 y 10%, las hojas al 15%, las flores al 20%, los extractos acetónicos de las semillas a 5, 10 y 15%, las hojas al 15%, las flores al 20% y los extractos acuosos de las semillas al 5% disminuyen el porcentaje de viabilidad con respecto a sus testigos.

Y los extractos hexánicos de las hojas frescas al 5, 10 15 y 20%, el extracto acuoso de las flores al 5% como los extractos hexánicos de las semillas en polvo al 20%, las hojas al 5%, los extractos acetónicos de las semillas al 20%, los extractos acuosos de las hojas al 5 y 20% y las flores al 10 y 15% provocan la disminución de más del 50 % hasta el 0% del porcentaje de viabilidad.

En forma global la mayor reducción del porcentaje de viabilidad de obtiene utilizando a las hojas como parte de la planta seguidas de las semillas. El estado fresco de la planta es mas significativo y con utilizando el agua como disolvente.

De los tres biensayos las semillas son la mejor parte de la planta seguida de las hojas. El estado fresco de las planta es el más significativo. La acetona es el mejor disolvente y el bioensayo de toxicidad por administración oral es el mejor.

ESTUDIOS FITOQUÍMICOS

Los extractos hexánicos y acetónicos en frío y caliente como la reunión 16-17 y la fracción 45 del extracto acetónico en frío de las semillas frescas poseen un efecto tóxico sobre larvas del primer estadio.

La reunión 16-17 del extracto acetónico en frío de las semillas frescas provoca la disminución del peso larval sobre larvas del primer estadio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las reuniones: 85-100, 42-49, 18-25, 111-120 y 26-29, del extracto acetónico de las semillas en polvo poseen un efecto tóxico sobre larvas del primer estadio.

Las reuniones: 85-100, 111-120, 42-49, 30-41, 26-29, 18-25, 10-14, 3-7 y 59-76 poseen un efecto antialimentario tóxico sobre larvas del primer estadio.

Los compuestos de glucosido de β -sitosterilo y la mezcla de ácidos: mirístico, palmítico, oleico, heptadecen-8-oico, esteárico y araquidónico, poseen un efecto tóxico sobre larvas del primer estadio.

La mezcla de ácidos: mirístico, palmítico, oleico, heptadecen-8-oico, esteárico y araquidónico y la mezcla de los compuestos oleato de 1-glicerilo y palmito de 2-glicerilo como los compuestos triacilglicerido y glucosido de β -sitosterilo, poseen un efecto antialimentario sobre larvas del primer estadio, así como los compuestos de glucosido de β -sitosterilo y triacilglicerido y la mezcla de los compuestos oleato de 1-glicerilo y palmito de 2-glicerilo también actúan como antialimentarios sobre larvas de 50 mg Larval⁻¹

PRUEBA EN INVERNADERO

Los extractos acuosos de las hojas frescas al 15 y 20% disminuyen en un 75% el daño de *S. frugiperda* sobre el maíz a nivel de invernadero.

El extracto de las hojas frescas al 10%, como los extractos de las hojas en polvo al 20% y el extracto de las semillas frescas al 20% disminuyen en un 50% el daño de *S. frugiperda* en maíz a nivel de invernadero.

BIBLIOGRAFÍA

Aldana, L.L. 1992. Bioensayos en el laboratorio de substancias antialimentarias en larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae). Tesis de especialidad de entomología. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.E.M. Cuernavaca, Morelos, México.

Aldana, L.L., A.M.R., Menchaca, M.E.E. Valdés y F. S. García. 1993. Evaluación en laboratorio de plantas del estado de Morelos contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae). Resumen V congreso latinoamericano y XIII venezolano de entomología. Porlamar, Venezuela. 32 p.

Argueta, V.A., M.A.L. Cano, y M.L. Rodorte. 1994. Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana II. Instituto nacional indigenista. Biblioteca de la medicina tradicional mexicana. 1117-1119 pp.

Antonius, A.G. y T. Saito. 1981. Mode of action of antifeeding composds in the larvae of the tabacco cutworm, *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera:Noctuidae) III. Sensory responses of the larval chemoreceptors to chlordimeform and clerodin. *Appl. entomol. zool.* (1):40-49.

Avila, M.J.A. y R.J.L. Mendoza. 1981. Guía para cultivar maíz de temporal en la parte alta del estado de Morelos. Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, SARH, INIA, CIAMEC, CAEZACA, Zacapetec, Morelos, México.

Aviles, G. 1987. Evaluación de insecticidas para el control del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en el cultivo de maíz. Valle de Culiacán, Sinaloa 1985-1986. Resumen XXII Congreso nacional de entomología. Cd. Juárez. Chih. México. 125 p.

Ayala, O.J.L. y T.A. Lagunes. 1986. Evaluación de substancias vegetales contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera:Noctuidae). *Agrociencia*. Chapingo, México. (63):51-60.

Berenbaum, M. 1978. Toxicity of a furanocoumarin to armyworms: acase of biosynthetic escape from insect herbivores. *Science*. (201):532-534.

Berenbaum, M. 1995. Turnabout is fair play: secondary roles for primary compounds. *Journal of chemical ecology* (21):925-940.

Bernays, E. y M. Graham. 1988. On the evolution of host specificity in phytophagous arthropods. *Ecology* (69):886-892.

Boulter, D. 1993. Insect pest control by copying nature using genetically enginnered crops. *Phytochemistry* (34):1453-1466.

Brow, E. y C. Dewhurst. 1975. The genus *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) in Africa and the Near East. *Bull. Ent. Res.* (65):221-262.

Camino, L.M., P.A. Jiménez, R.J. Taboada, C. Guerrero, y R. Martínez. 1992. Bioensayos de terpenos y otros productos naturales y sintéticos contra larvas de Lepidoptera. *Acta mexicana de ciencia y tecnología*. 10 (38-40):67-73.

Camino, L.M. 1988. Comunicación química entre los insectos y las plantas. Ed. CeProBi-IPN. U.A.E.M. y SME. Delegación Morelos. Cuernavaca, Morelos. 63-66 pp.

Camino, L.M., B.R. Figueroa, R.J. Taboada, J.S. Calderón, y F. Gómez-Garibay. 1998. Toxic and antifeedant effects of natural products. II. Screening study. *Revista latinoamericana de química*. 26 (1):1-5.

Chiu, S.F. 1985. Recent research findings on Meliaceae and other promising botanical insecticides in China. *Journal plant dis. and prot.* (92):310-319.

Chung, S.T. 1971. Benzyl isothiocyanate of papaya fruit. *Phytochemistry* (10):117121.

Chung, S.T. 1973. Localization of benzil glucosinolate and thioglucosidase in *Carica papaya* fruit. *Phytochemistry* (12): 769-773.

Chung, S.T. 1979. New macrocyclic Δ^1 -piperidine alkaloids from papaya leaves: dehidrocarpaine I and II. *Phytochemistry* (18): 651-652.

Cremllyn, R. 1982. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Traducción de la 1ª ed. Limusa, S.A. México, D.F. 63-75 pp.

Dreyer, M. y C. Hellpap. 1991. Ein vielversprechendes natürliches insektizid für kleinflächige Gemüseproduktion in tropischen und subtropischen Ländern. *Journal of Plant Diseases and Protection* 98(4): 428-437.

Dubey, P.O., S.C. Odak y P. Gargava. 1991. Evaluation of anti-feeding properties of indigenous medicinal plants against the larvae of *Heliothis armigera* (Hurner) *J. Ent. Res.* 15(3): 208-211.

Ehrlich, P.R. y P.H. Raven, 1964. Butterflies and plants: a study in coevolution. *Evolution* (18):586-608.

Elbadry, E.A., M.R. AboElghar y H.S. Radwan. 1971. Laboratory cage studies on the effect on the antifeeding compound du-ter on the cotton leafworm *Spodoptera littoralis* Bois (Lepidoptera:Noctuidae). *Entomology abstracts* 3 (7): Ref. 3 E-5042.

Espinosa, I.A. 1995. Actividad biológica de la azadiractina en el gusano del corazón de la col (*Copitarsia consuetata* Walker) (Lepidoptera:Noctuidae). Tesis de Licenciatura. U.A.CH. México.

Everette, M.B. y Burdick, E.M. 1967. Carpaine: an alkaloid of *Carica papaya* its chemistry and pharmacology. *Economic Botany*. 363-365 pp.

FAO. 1996. México: informe nacional para la conferencia técnica internacional de la FAO sobre los recursos filogenéticos. Instituto Nacional de Investigaciones forestales y Agropecuarias (INIFAP). Leipzig, Alemania.

Figueroa, B.R., L.M. Camino, R.J. Taboada, y H.J. Martínez. 1998. Evaluación de metabolitos secundarios en contra de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) en maíz. Resumen III international congress cuban chemical society. La Habana, Cuba.99-100 pp.

Fraenkel, G.S. 1959. The raison d'être of secondary plant substances. *Science*. (129):1466-1470.

Fraenkel, G.S. 1969. Evaluation of our thoughts on secondary plant substances. *Entomol. exp. appl.* (12):413-486.

Futuyma, D.J., R.P. Cort and IV. Noordwijky. 1984. Adaption to host plants in the fall cankerworm *Alsophila pometaria* and its bearing on the evolution of host affiliation in phytophagous insects. *Am. nat.* (123):287-296.

García, G.P.E. 1984. Estudio químico de *Dodonea viscosa*, Jacq. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas e Inds. U.A.E.M. Cuernavaca, Morelos, México.

Geuskens, R.B.M., J.M. Luteijin y L.M. Shooenhoven. 1983. Antifeedant activity of some ajugarin derivates in three lepidopterus especies. *Experientia*. (39):403-404.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Godfrey, G.L. 1987. Noctuidae In: Immature Insects. Sther, W.G. (ed) Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa, 549-578 pp.

González, G.J.O. 1986. Evaluación de métodos tecnificados y no tecnificados para el combate del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) y del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*) en la Chontalpa, Tabasco. Tesis de Maestro en Ciencias. colegio superior de agricultura tropical. H. Cardenas, Tabasco, México. 21-45 pp.

González, G.J.O y A. Lagunes. 1986. Evaluación de métodos tecnificados y no tecnificados para el combate de *Spodoptera frugiperda* y de *Sitophilus zeamais*, en la Chontalpa, Tabasco, México. *Folia entomológica*, México. (70):65-74.

Govindachari, T.R., K. Nagarajan y Viswanathan. 1965. Carpaine and pseudocarpaine. *Tetrahedron letters* (24):1907-1916.

Grainge, M. y S. Ahmed. 1988. Hanbook of plants with pest control properties. John Wiley Sons, New York.

Guerrero, C., A. Ortega, M. Camino y J. Taboada. 1991. Grandifolidas A y B de *Corrnutia grandifolia*. *Revista latinoamericana de química*. 21(4):88-90.

Guzman, D.G. 1998. Carica papaya Caricaceae. Ministerio de agricultura y ganadería. Sistema unificado de información institucional. San José, costa Rica. 1-54 pp.

Hassanalli, A., y W. Lwande. 1989. Antipest secondary metabolites from african plants. In: Insecticides of plant origin. *American chemical society*. 79-94 pp.

Head, W.F. y W.M. 1956. Lauter. Phytochemical examination of the leaves of *Carica papaya* L. *Economic botany*. 258-260 pp.

Heraso, C.C. 1998. Evaluación de las actividades biológicas (insecticidas y citotóxicas) de extractos crudos de *Vitex trifolia* L (Verbenaceae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.E.M. Cuernavaca, Morelos, México.

Hernández, X.E., F.R. Inzunza, y S.C.B. Solano. 1983. Intentos de control de plagas y enfermedades identificadas en la agricultura tradicional en México. *Revista chapingo*. (40):55-66.

Hill, D. 1987. Agricultural insect pests of the tropics and their control. second ed. Cambridge university press. 746 pp.

Hosozawa, S., N. Kato, K. Munakata, y L.Y. Chen. 1974. Antifeeding active substances for insect in plant. *Agr. biol. chem.* 38 (5):1045-1048.

Hu, Y.M., J.A. Klocke, S.F. Chiu y I. Kubo. 1993. Response of five insect to a botanical insecticides, rhodojaponin III. *Journal of economic entomology* (8):706-710.

Huerta, P.R. 1979. Introducción a la entomología agrícola. U.A.CH. México. (67-73):85-90.

Jacobson, M. 1972. Insect sex pheromones. Acad. press, New York and London. 382 pp.

Jacobson, M. 1989. Botanical Pesticides: Past, Present and future. En: insecticides of plants origin. Edt, Arnason J. T. y Philogene, B. J. R. american chemical society. 1-10 pp.

Jimenez, E.M. y H.C. Rodríguez. 1990. Acción tóxica del piquerol A y sus derivados sobre larvas de *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti* y *Spodoptera frugiperda* II. Simposium nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas. Oaxaca, Oax. Resúmenes soc. mex. ent.

Kato, N., M. Takahashi, M. Shibayama y K. Munabata. 1972. *Agr. biol. che.* (36):2582-2679.

Klocke, J.A., M.Y. Hu, S.F. Chiu y I. Kato. 1991. Grayaniod diterpene insect antifeedants and insecticides from *Rhododendron molle*. *Phytochemistry (Oxf.)* (30): 1739-1800.

Kubo, I. y K. Nakanishi . 1979. Some terpenoid insect antifeedants, In: advances in Pesticide Science, Geissbuhler, H. part. 2. Pergamon pres, Oxford. 284-294 pp.

Kubo, I., W.Y. Lee, V.B. Nair, K. Nakanishi y A. Chapya. 1979. Structure of ajugarins. *J.C.S. chem. commun.* 949-950.

Kubo, I., J.A. Klocke, S.Asano 1981. Insect ecdysis inhibitors from the East African medicinal plant, *Ajuga remota* (Labiatae). *Agric. biol. chem.* (45):1925-1927.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Kutckan, T.M., A. Bock, y H. Dittrich. 1994. Heterlogus expression of the plant proteins stritosidene synthase and berberina bride enzyme in insect cell culture. *Phytochemistry* 35(2):353-360.

Kumul, D.E.1983. Búsqueda de plantas silvestres del estado de Veracruz con propiedades tóxicas contra gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith y mosquito casero *Culex quiquefasciatus* Say. Tesis de Licenciatura. U.A.CH. México.

Ladd, T.L. Jr., J.D. Warthen, Jr. y M.G. Klein. 1984. Japanese beetle (Coleoptera:Scarabaeidae): the effects of azadiractin on the growth and development of the inmadure forms. *J. econ. entomol.* (77):903-905.

Lagunes, T.A. 1989. Manejo de insecticidas piretroides. Centro de entomología y acarología. Colegio de postgraduados. Chapingo, México. 5 pp.

Lagunes, T.A. 1991. Notas del curso de toxicología y manejo de insecticidas (documento de trabajo). Centro de acarología. Colegio de postgraduados. Chapingo, México.

Lagunes, T.A., R.R. Domínguez y M.C. Rodríguez. 1985. Plagas del maíz. Centro de entomología y acarología. Colegio de postgraduados. U.A.CH. Chapingo, México. 100 p.

Loya, R.J. 1978. Principales plagas del maíz en Morelos. Circular No. 99. INIA-CIAMEC. 11 pp.

Martínez, P.S. 1983. Búsqueda de plantas medicinales con propiedades insecticidas contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera:Noctuidae). Tesis de Licenciatura. U.A.CH. México. 87 pp.

Martínez, M.N.L., L.I.L. Aldana y E.M.E. Valdés. 1996. Evaluación del efecto tóxico de *Azadirachta indica* sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae). Resumen reunión internacional de ecología química. Oaxtepec, Morelos, México. 35 pp.

MacGregor, L.R. y O. Gutiérrez. 1983. Guía de insectos nocivos para la agricultura en México. Ed. alhambra, México. 120 pp.

Maxwell, G.F. y Jennings, R.P. 1984. Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Editorial limusa, México. 43-63 y 392-399 pp.

Mendoza, Z.C. 1989. Resistencia bioquímica de las plantas a hongos y bacterias. Departamento de parasitología agrícola. UACH. Chapingo, México. 1-6 pp.

Meisner, J., K.R.S. Asher y M. Zur. 1983. The residual effect of a neem seed kernel extract sprayed on foeder agarrnt larvae of *Spodoptera littoralis*. *Entomology abstrats*. 14 (11): Ref. 7922-Z 14.

Metcalf C.L. y W.P. Flint. 1965. Insectos destructivos e insectos útiles. Sus costumbres y su control. Trad. De la 4ª ed. CECSA. México. 532-628 pp.

Mihm, A.J. 1984. Técnicas eficientes para la crianza masiva e infestación de insectos, en la selección de las plantas hospederas para la resistencia al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). CYMMYYT. México.

Miller, J.R.I. y T.A. Miller. 1986. Insect-Plant Interactions. Springer-Verlag. New York. 342-343 pp.

Morrón, M.A. y R.A. Terrón. 1988. Entomología practica. Instituto de ecología. 502 pp.

Mota, S.D. 1984. Los extractos acuosos de plantas silvestres como una alternativa para el combate de la conchuela del frijol, *Epilachna varivestis* Muls. (Coleptera:Coccinellidae). Tesis de Licenciatura. Departamento de parasitología agrícola. U.A.CH. Chapingo, México. 67 p.

Muller, H.J. 1976. Ecological aspects of the joined evolution of plants and animals. *Nova acta leopoldina suppl.* (7):433-440.

Munakata, K. 1977. Insect feeding deterrents in plants. In: Chemical control of insect behavior. Shorey, H.H. y Jr. McKelvery Eds. Wiley, New York. 93-102 pp.

Muñoz, D. 1987. Control simultáneo de la maleza y gusano soldado (*Spodoptera frugiperda*) en arroz, Chontalpa, Tabasco. Resumen XXII congreso nacional de entomología. Cd. Juárez, Chih. México. 126 pp.

Naraynan, C.R., R.P. Singh. y D.D. Sawaiker. 1982. Phagodeterreny of various fractions of neem oil against *Schistocerca gergaria* Forsk. *Entomology abstrats*. 12 (10):1-13 pp.

Nieto, H.R. y C. Llanderal. 1982. Biología e identificación de estadios larvales de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera:Noctuidae). *Folia entomológica*. México. (54):11

Nordlund, D.A., L.R. Jones y W.J. Lewis. 1981. Semiochemicals, their role in pest control. Ed. John Wiley and sons, New York. USA.

Norlun, D.A. y W.J. Lewis. 1976. Terminology of chemical interactions. *Journal chemical ecology*. (2):221-220.

Norman, A. 1989. Introduction of the potenciality of plant extracts in insect pests control. Company press incorporation, Nebraska. etnobiological library. 123-168 pp.

Ogan, A.U. 1971. Caricacea. The basic constituents of the leaves of *Carica papaya*. *Phytochemistry* (10): 2544-2547.

Olaifa, J.I., A.O. Adenuga y K.M. Kanu. 1991. Relative efficacy of neem formulation and four conventional insecticides in the protection of some arable crops agains acridod grasshoppers. *Discovery and innovation*. 63(4):115-121.

Pacheco. M.F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. SARH. Campo agrícola experimental Valle del Yaqui. Cd. Obregón, Sonora, México.

Pandiji, C., C. Grimm, V. Wray, L. Witt y P. Proksch. 1993. Insecticidal constituents from four species of the Zingiberracea. *Phytochemistry* 34 (2):415-419.

Parsons, M. David. 2000. Maíz. Agroicultura. Para el productor diversificado. Editorial trillas.

Rao J.P. y B. Subramanyan. 1987. Effect of azadirachtin an *Achaea janata* and *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera:Noctuidae). *J. ent. res.* 11(2):166-169.

Rodríguez, H.C. Lagunes, T.A., Domínguez, R.R. y Bermúdez V.L. 1982. Búsqueda de plantas nativas del estado de México con propiedades tóxicas contra el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith y mosquito casero, *Culex quinquefasciatus* Say. *Revista chapingo* (37-38):35-39.

Rodríguez, H.L., A. García, B. Esquivel y J. Cardenas. 1987. Structure of kerlinic acid from *Salvia Keertii*, Chemical correlation with meliosodoric acid. *Journal chemical canada* (65):2687-2690.

Román, R.F. 1998. Propiedades insecticidas de *Galphimia glauca* Cav. (Malpighiaceae), planta utilizada en la medicina tradicional mexicana. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.E.M. Cuernavaca, Morelos, México.

Salazar P.A. y Carpent, C. 1992. Evaluación de la resistencia de 11 genotipos de maíz (*Zea mays* L.) a gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) (Lepidoptera:Nortuidae) bajo condiciones de laboratorio, en Zacatepec, Morelos. SARH, INIFAP-CEZACA, ITA 9. Resumen del XXVII congreso nacional de entomología. 285 p.

Salgado, B.A.L. 1985. Búsqueda de plantas nativas de Morelos con propiedades tóxicas contra el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) y el mosquito (*Culex quinquefasciatus* Say). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.E.M. Cuernavaca, Morelos, México.

Schoonhoven, L.M. 1982. Biological aspects of antifeedants. *Entomol. exp. appl.* (31):57-69.

Shaver, T.N., M.J. Lukerfahr y J.A. García. 1969. Food utilization ingestion and growth of larvae of the bollworm and tobacco budworm on diets containing gossypol. *Journal economical entomology.* (63):1544-1546.

Singh, P. 1977. Artificial diets for insects, mites and spiders. Plenum publishing co. New York. 594 p.

Stark, J.D., T.T.Y. Wong, R.I. Vargas y R.K. Thalman. 1992. Survival, longevity and reproduction of tephritid fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) reared from fruit flies exposed to azadirachtin. *J. ent.* 85(4):1125-1129.

Strong, D., J. Lawton y S. Sounthwood. 1984. Insects on plants community patterns and mechanisms. Coevolution. Harvard university press. (7):200-220.

Taboada, R.J., L.M. Camino, N.M. Gil, E. Campos, y C. Guerrero. 1994. Actividad como antialimentario de la marrubina y un producto de reducción. *Revista latinoamericana de química.* 23(3):120-125.

Valdés, E.M. E. B.R. Montes, L.L. Aldana y B.R. Figueroa 1999. Control de *Spodoptera frugiperda* y *Bemisia tabaci* con polvos y extractos vegetales. Simposio Nacional de Ecología química. XXXIV congreso nacional de entomología. Aguascalientes, Ags. México. pp.

Vargas, M.L. 1977. Estudio sobre el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) y evaluación del parasitismo de *Trichogramma* sobre huevecillos de esta plaga en Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.E.M. Cuernavaca, Morelos, México.

Villar, M.C., O.J.L. Ayala, H.C. Rodríguez y A.T. Lagunes. 1990. 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. Revista chapingo. (67-68):105-107.

Warthen, D. 1968. Synthesis of cis-9-tetradecen-1-01-acetate the sex pheromone of the fall armyworm. *J. med. chem.* (11):371.

Whitaker, R.H. y R. Feeny. 1971. Allelochemicals. Chemical Interactions between species. *Science.* 171:757-770.

Apéndice I.

FORMACIÓN DE CRÍA DEL GUSANO COLLOGERO (*Spodoptera frugiperda*). Se realizaron colectas de campo de cultivos de maíz, ubicados en áreas de influencia de Yautepec, Morelos. Las larvas colectadas se colocaron en cajas de plástico que contenían hojas de maíz. Se llevaron al laboratorio, donde se colocaron en cajas petri y se alimentaron con hojas de maíz para que terminaran su ciclo biológico. Esto se hace con el fin de tener la cría sana, libre de otros factores que causen mortalidad (enemigos naturales y/o enfermedades).

Una vez logrado la terminación del ciclo biológico de larvas de *Spodoptera frugiperda*, traídas del campo, libre de enfermedades y de enemigos naturales; se colocaron en bolsas encerradas adultos machos y hembras para el apareamiento, introduciendo un recipiente de plástico con un algodón húmedo de azúcar al 5% para su alimentación. Las masas de huevos fueron cortadas de las bolsas y colocadas en cajas petri con un trozo de hojas de maíz para su eclosión. Al nacer las larvas del primer estadio, se colocaron de 2 a 3 larvas en un vial estéril que contenía una dieta artificial (Mihn, 1984) e incubadas a condiciones controladas de temperatura, humedad relativa ($25^{\circ}\text{C} \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ y $70\% \pm 5\%$ H.R.) y un fotoperíodo luz-oscuridad de 16:8 horas en una cámara de cría. La formulación y la preparación de la dieta se detalla en el apéndice II. Bajo estas condiciones, las larvas alcanzan su máxima talla en 12-16 días en promedio. Al llegar a su talla máxima, las larvas dejan de alimentarse y se preparan para pupar, enterrándose en los restos del alimento. Cuando la mayoría de las pupas de un lote a pupado por completo, las pupas son retiradas del vial y son colocadas de 10 a 15 pupas en botes de plástico de dos litros revestidas con papel secante. Para evitar que los adultos emergidos pudieran escapar, la boca de los botes se cubrieron con tela de organza.

Los adultos fueron alimentados con una solución humedecida con azúcar al 5% en un recipiente de plástico. Después de que los adultos copulaban, las hembras iniciaban la oviposición normalmente en el papel secante y en la malla de organza y ocasionalmente en los recipientes de alimentación. Las masas de huevos colectadas se depositaron en cajas petri con hojas de maíz. Las condiciones usadas fueron las señaladas anteriormente. En dos o tres días nuevamente se tenían larvas del primer estadio para llevar a cabo las pruebas correspondientes o bien, para mantener la cría.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Apéndice II.
INGREDIENTES DE LA DIETA.

ingredientes	cantidad	5%	10%	15%	20%
frijol	30 g.	28.6	27.2	25.8	24.4
levadura de cerveza	8.75 g.				
germen de trigo	13.75 g.	12.35	10.95	9.55	8.15
ácido ascórbico	0.87 g.				
ácido sórbico	0.27 g.				
metil para-hidroxibenzoato	0.55 g.				
formaldehido al 10%	2.5 ml.				
agar	3.75 ml.				
agua para frijol	116 ml.				
agua para agar	90 ml.				
Polvo vegetal		2.8	5.4	8.6	11.2

Esta cantidad de dieta artificial es para preparar 250 g. En caso de preparar dieta para las pruebas biológicas con las diferentes concentraciones del polvo vegetal, se disminuyo la cantidad de frijol y germen de trigo y se agrego la cantidad necesaria del polvo vegetal según el o los tratamientos a la dieta artificial.

PREPARACION DE LA DIETA.- En un recipiente se deja remojando con agua destilada el frijol durante 24 h realizado este plazo, se filtra el agua y se le vuelve a poner al agua destilada medida al frijol. El agar es disuelto con el agua destilada en un recipiente de vidrio de un litro en un horno de microondas durante 2 minutos. Estos dos ingredientes son mezclados en la dieta con los demás ingredientes (incluyendo a polvo vegetal en su caso). Inmediatamente la dieta se pone en recipientes de plástico de 3 cm. de altura x 3.5 cm. de diámetro donde se vacían 5 ml. aproximadamente evitando que se formen burbujas. Los vasos se dejan enfriar a temperatura ambiental. Una vez que la dieta se haya secado se procede a colocar a las larvas. Los viales son sellados con una tapadera de plástico para evitar que las larvas se salgan y son colocados en la cámara de cría.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN