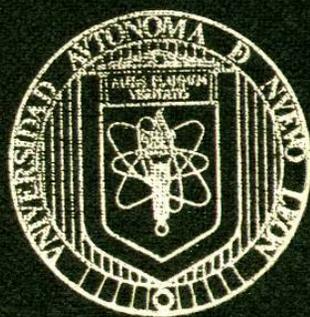


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**EFFECTO ANTAGONICO DEL POLVO DE HOJA  
DE ARBOLES DE NIM (*Azadirachta indica* A : Juss)  
DEL ESTADO DE NUEVO LEON SOBRE *Tribolium  
castaneum* Herbst (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE)**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION  
AGRICOLA**

**PRESENTA:**

**HUMBERTO ESQUINCA RUIZ**

**MARIN, N. L.**

**JUNIO DE 1994**

TM

SB292

.N5

E8

c.1



1080062560

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA  
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



EFFECTO ANTAGONICO DEL POLVO DE HOJA  
DE ARBOLES DE NIM (*Azadirachta indica* A : Juss)  
DEL ESTADO DE NUEVO LEON SOBRE *Tribolium*  
*castaneum* Herbst (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE)

revisada y aprobada por el Comité Particular

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION  
AGRICOLA

PRESENTA:

HUMBERTO ESQUINCA RUIZ

Ph.D. EMILIO OLIVARES SAADE  
ASESOR

Ph.D. JOSE LUIS DE LA CARRA  
ASESOR

Marín, Nuevo León

Junio de 1994

MARIN, N. L.

JUNIO DE 1994

SB292  
.N5  
E8  
e1



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad

F Tesis



FONDO  
TESIS MAESTRIA

FAI. C3  
99A

EFFECTO ANTAGONICO DEL POLVO DE HOJA DE ARBOLES DE NIM  
(*Azadirachta indica* A. Juss) DEL ESTADO DE NUEVO LEON  
SOBRE *Tribolium castaneum* Herbst (COLEOPTERA:TENEBRIONIDAE)

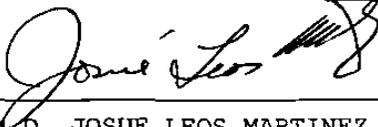
T E S I S

Sometida al Comité Particular como requisito parcial  
para optar al grado de

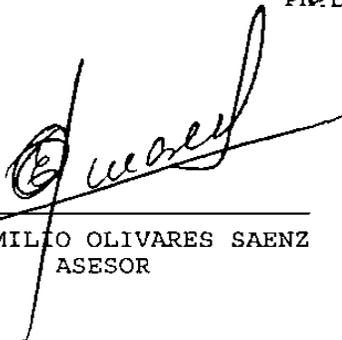
MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALISTA EN PRODUCCION AGRICOLA

revisada y aprobada por el Comité Particular



PH.D. JOSUE LEOS MARTINEZ  
CONSEJERO



Ph.D. EMILIO OLIVARES SAENZ  
ASESOR



Ph.D. JOSE LUIS DE LA GARZA  
ASESOR

**DEDICATORIAS**

Con amor y profundo respeto

A mis padres:

María del Carmen

Emiliano (Q.E.P.D.) †

A mi esposa

Idalia

A mis hijos:

Eduardo Alberto

Carlos Humberto

Jesús Emilio

### AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Chiapas por haberme brindado la oportunidad de superarme académicamente, otorgándome beca para la realización de los estudios de Maestría.

A la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. por haberme transmitido, por medio de su personal académico, nuevos conocimientos para el desarrollo de mi vida profesional.

A la Secretaría de Educación Pública por su patrocinio para este estudio, como parte del proyecto de investigación "Propagación *in vitro* del Nim y efectividad de sus materiales vegetativos y celulares para el control de insectos".

El autor expresa sus agradecimientos al Ph.D. Josué Leos Martínez, consejero principal de mi Comité Particular, por la determinante colaboración desinteresada en el desarrollo del presente estudio, y por su amistad brindada.

A el Ph.D. Emilio Olivares Saénz y al Ph.D. José Luis de la Garza González, miembros de mi Comité Particular, por sus acertadas sugerencias, ayuda técnica y revisión del escrito. Así como a los demás maestros de la FAUANL.

A mis compañeros de Maestría, por su apoyo, amistad y compañía, especialmente al Ing. Eusebio Lomelí Cervantes y al Ing. Antonio Durón Alonso.

**BIOGRAFIA**

El autor nació en Tapachula, Chiapas, el 20 de diciembre de 1953, en donde realizó sus estudios de Primaria en la Escuela Estatal "Leona Vicario" (1960-1966), de Secundaria en la Escuela Técnica Industrial y Comercial No. 21 (1966-1969), y los de Preparatoria en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos "Lic. Miguel Alemán Valdés" (1971-1974).

Los estudios de Licenciatura de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo los llevó a cabo en el Area de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas (1976-1980), en Huehuetán, Chiapas.

De 1978 a 1980, se incorporó a la Escuela de Ciencias Agrícolas de la Un.A.Ch. como Ayudante de Maestro. De Septiembre de 1980 se ha desempeñado como Maestro de Tiempo Completo en esa misma Institución, hasta la fecha. En el transcurso de este tiempo ha ocupado varios cargos administrativos dentro de la misma.

En Febrero de 1991 ingresó al Programa de Maestría en Producción Agrícola en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

## INDICE

	Página
DEDICATORIA. . . . .	iii
AGRADECIMIENTO.. . . .	iv
BIOGRAFIA. . . . .	v
INDICE.. . . .	vi
INDICE DE CUADROS. . . . .	vii
INDICE DE FIGURAS. . . . .	viii
RESUMEN. . . . .	ix
ABSTRACT.. . . .	x
1. INTRODUCCIÓN. . . . .	1
2. REVISION DE LITERATURA. . . . .	2
2.1 El Arbol de Nim <i>Azadirachta indica</i> A. Juss. . . . .	2
2.1.1 Importancia.. . . .	2
2.1.2 Clasificación taxonómica. . . . .	3
2.1.3 Descripción botánica. . . . .	4
2.1.4 Habitat. . . . .	5
2.1.5 Distribución geográfica y diseminación a otros países. . .	5
2.1.6 Substancias químicas en la planta. . . . .	6
2.1.7 Usos del árbol de nim. . . . .	8
2.1.7.1 Plagas de granos almacenados.. . . .	9
2.1.7.1.1 Hojas. . . . .	9
2.1.7.1.2 Semillas.. . . .	12
2.1.7.2 Plagas y enfermedades de cultivos. . . . .	16
2.1.7.3 Plagas urbanas y pecuarias.. . . .	18
2.1.7.4 Otros usos.. . . .	19
2.1.8 Farmacología.. . . .	20
2.1.9 Toxicología. . . . .	21

2.2 El Gorgojo Castaño de la Harina <i>Tribolium castaneum</i> Herbst.. . . .	22
2.2.1 Importancia. . . . .	23
2.2.2 Distribución y habitat.. . . .	23
2.2.3 Apariencia.. . . .	23
2.2.4 Ciclo de vida y hábito.. . . .	24
2.2.5 Control de <i>T. castaneum</i> con otras plantas. . . . .	26
3. MATERIALES Y METODOS.. . . .	28
3.1 Primer Experimento.. . . .	29
3.2 Segundo Experimento. . . . .	33
4. RESULTADOS Y DISCUSION.. . . .	35
4.1 Primer Experimento.. . . .	35
4.2 Segundo Experimento. . . . .	36
5. CONCLUSIONES.. . . .	44
6. LITERATURA CITADA. . . . .	45
7. APENDICE.. . . .	53

#### INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de los árboles de Nim ( <i>Azadirachta indica</i> A. Juss) utilizados en el primer experimento. . . . .	30
Cuadro 2. Número de <i>T. castaneum</i> en cuatro repeticiones de 120 g de maíz tratado con polvo de hoja de diferentes árboles de nim al 2% (peso x peso) y en el testigo; se infestó con 20 individuos que se retiraron 15 días después. . . . .	36
Cuadro 3. Promedios retransformados de porcentajes de mortalidad de adultos introducidos de <i>T. castaneum</i> en maíz tratado con polvo de hoja de nim y en el testigo sin tratar, a los 3 y 15 días de la infestación. . . . .	37

Cuadro 4. Promedios retransformados de porcentaje de mortalidad de individuos de *T. castaneum* nacidos en maíz tratado con polvo de hoja de nim, a los 33 y 78 días después de infestado. 1/. . . . . 40

Cuadro 5. Promedios retransformados del número de *T. castaneum* nacidos en maíz tratado con polvo de hoja de nim, a los 15, 33 y 78 días después de infestado. 1/ El cálculo del número de individuos vivos en cada tratamiento se hizo con los porcentajes de mortalidad del Cuadro 4. . . . . 42

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Promedios retransformados de mortalidad de adultos de *T. castaneum* en maíz tratado con polvo de hoja de nim a los 3 días después de infestado. . . . . 38

Fig. 2. Promedios retransformados de mortalidad de adultos de *T. castaneum* en maíz tratado con polvo de hoja de nim a los 15 días después de infestado. . . . . 39

## RESUMEN

Se seleccionaron 19 árboles de nim que mostraban una buena adaptación a su medio en el Estado de Nuevo León. Se hizo una comparación entre ellos en cuanto al efecto antagónico del polvo de sus hojas al 2% (peso x peso) sobre *Tribolium castaneum* Herbs en maíz. De estos árboles se seleccionaron cuatro y se compararon sus efectos en dosis de 2, 4 y 6% (p x p). El maíz (120 g por unidad) recibió el tratamiento correspondiente (cuatro repeticiones) y luego se infestó con 10 adultos de cada sexo, de menos de 15 días de edad. Se dieron condiciones óptimas para los insectos en una cámara ambiental. Se tomaron datos de mortalidad y tamaño poblacional periódicamente hasta los 78 días del inicio del estudio.

Los árboles no mostraron diferencias entre sí en cuanto a su efecto antagónico sobre *T. castaneum*. En general, el incremento de la dosis de polvo de nim de 2 a 6%, no produjo un incremento de mortalidad. Las dosis de 4 y 6% fueron en varios casos mejores para controlar *T. castaneum* que la de 2%; sin embargo, la definición no fue clara, pues en varios casos ésta fue incluso superior a las dosis mayores. Se registraron mortalidades de 7.30 a 13.5% de los adultos introducidos, en el conteo a los 15 días; éstas fueron diferentes a la del testigo sin tratar. El polvo de hoja de nim no afectó la oviposición, ni la eclosión de huevecillos, pues a los 15 días de la introducción de adultos la producción de inmaduros era igual en el testigo (36.37) que en los tratamientos con nim (36.66); todos estaban vivos. La mortalidad de los estados inmaduros nacidos en los tratamientos fue nula; todavía a los 33 días del inicio de la prueba, el testigo y las unidades tratadas con polvo de hoja de nim tenían el mismo tamaño de población (43.7 vs 54.6). Una alta mortalidad (rango de 51.8 a 88.4, media de 77.4%) se registró a los 78 días en los adultos que emergieron de los inmaduros que se criaron en las unidades tratadas con polvo de nim. La población promedio en las unidades tratadas con polvo de hoja de nim era de apenas 5.6 adultos vivos, mientras que en el testigo habían 45.3 adultos a los 78 días.

## ABSTRACT

Nineteen neem trees that show a good adaptation to the environment in the State of Nuevo León were selected. A comparison was made between them in relation to the antagonistic effect of their leaf powder at 2% (weight x weight) against *Tribolium castaneum* Herbs in maize. Four trees were selected out of these trees to compare their effects at doses 2, 4 and 6% (w x w). The maize (120 g per unit) received the treatment (four replications) and then it was infested with 10 adults of each sex, less than 15 days old. Optimum conditions for the insects were given in an environmental chamber. Data on mortality and size of population was registered periodically up to 78 days after the beginning of the study.

The trees did not show differences between them in relation to their antagonistic effect on *T. castaneum*. In general, the increase in dose from 2 to 6%, did not caused an increase in mortality. Doses 4 and 6% were, in several cases, better to control *T. castaneum* than that of 2%; however, the definition was not clear, because in several cases this dose was even superior than the higher doses. Mortalities of 7.30 to 13.5% of the introduced adults were registered in the count at day 15; these mortalities were significantly different than that of the control. Neem did not affected the oviposition or the egg hatching, since 15 days after the introduction of adults, the production of immature individuals was equal in the control (36.37) than in the treatments with neem (36.66); all were alive. Mortality in the immatures born in the treated units was null; the population, 33 days after the beginning of the test, in the control and the treated units had the same size (43.7 v 54.6). A high mortality (range 51.8 to 88.4, mean 77.4%) was registered at the 78 days count in the adults emerged from immatures born in the treatments with neem leaf powder. The mean population size of the treated units was only 5.6 alive adults, whereas the control had 45.3 alive adults after 78 days.

## INTRODUCCION

El "Programa de Investigación sobre Plagas de Productos Almacenados" del Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Agronomía, U.A.N.L. tiene como una de su líneas de investigación la de "Importación y Diseminación del árbol insecticida nim en México". En 1989, el nim fue introducido a México mediante semilla procedente de Manila, Filipinas (Leos y Salazar 1990). Uno de los proyectos de esta línea de investigación, es el de "Propagación *in vitro* del Nim y efectividad de sus materiales vegetativos y celulares para el control de insectos" patrocinado por la Secretaría de Educación Pública. En tal proyecto, una de las metas es producir mediante micropropagación árboles bien adaptados a los diversos medios de México y efectivos para controlar insectos.

Para lograr lo anterior es necesario que se seleccionen árboles con tales características, para ser usados como fuente de material para micropropagación. Aunque la variabilidad genética de los árboles con que se cuenta es muy limitada, podrían presentarse diferencias entre árboles en cuanto a su efecto antagónico sobre insectos, por causas genéticas. Además, estas diferencias podrían también aparecer por las condiciones en que se encuentra cada árbol.

Por lo anterior, se planteó el objetivo de localizar árboles bien adaptados en el Estado de Nuevo León, para comparar la efectividad de tres dosis de polvo de hoja, en cuanto a su efecto antagónico sobre *Tribolium castaneum* Herbst en maíz.

Las hipótesis probadas fueron:

Algunos árboles de la región son mejores que otros en cuanto a su efecto antagónico sobre *Tribolium castaneum* Herbst en maíz.

Al incrementar la dosis de polvo de hoja entre 2 y 6% se incrementa el efecto antagónico sobre *Tribolium castaneum* Herbst en maíz.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 El Arbol de Nim *Azadirachta indica* A. Juss

El árbol nim (*Azadirachta indica* A. Juss) de la familia Meliaceae, nativo del Subcontinente Indo-Pakistaní, ha probado tener muchas propiedades farmacológicas y dar beneficios para la agricultura y el desarrollo rural en los países en desarrollo; en la actualidad, es investigado ampliamente como una fuente natural de sustancias insecticidas (Saxena et al. 1980a y b, 1988).

#### 2.1.1 Importancia

El incremento de serios problemas en la resistencia de plagas a pesticidas y contaminación de la biosfera, asociado con el uso desmedido de pesticidas sintéticos de amplio espectro, ha impuesto la necesidad de buscar, por su eficacia, pesticidas biodegradables con mayor selectividad (Saxena 1983); así mismo, no tóxicos al humano, con menor propensión a la resistencia del insecto y relativamente más baratos; lo que ha permitido reexaminar viejas prácticas de protección de productos almacenados, usando derivados de algunas plantas, a las que se les ha encontrado resistencia al ataque de insectos, debido a que poseen un complejo aparato de defensas químicas (Saxena et al. 1988).

Cremllyn (1982) asienta que algunas especies de plantas, en el transcurso de su evolución, han desarrollado mecanismos de protección para defenderse del ataque de los insectos, como son: repelencia y acción insecticida, debido a que contienen materiales insecticidas. Estas han sido utilizadas por el hombre desde tiempos muy remotos y sus soluciones han proporcionado valiosos insecticidas de contacto cuyo uso no provoca contaminación, ya que son degradables rápidamente en el medio. Por lo que estas especies son un recurso potencial de insecticidas botánicos (Saxena et al. 1988).

Ahmed et al. (1984) señalan, que para la propagación efectiva de estas plantas y la utilización por agricultores de bajos recursos, en el control de plagas y el desarrollo rural, deben tener las siguientes características: ser perennes, ocupar poco espacio, trabajo, fertilizantes y agua; que al obtener material de ellas no se destruyan, no ser maleza ni hospedera de plagas. Además, estos investigadores anotan que los extractos crudos obtenidos de ellas deben ser: efectivos en el control de plagas, sin afectar a organismos benéficos; fáciles de procesar y formular, aún con un bajo nivel tecnológico; fácil uso por los agricultores y seguridad al ambiente al utilizarlos.

Se conocen pocas especies que poseen todas estas características. El árbol nim (*A. indica*) es una especie considerada como prometedora, ya que cumple con estos requisitos, avalado por investigaciones recientes con materiales obtenidos de él, utilizados en el control de insectos, nemátodos y crustáceos (Heyde et al. 1983, W.I.C. 1985, Ahmed y Grainge 1986, Jacobson 1986, Saxena 1989); así como para su explotación industrial y comercial (Radwanski y Wickens 1981).

### 2.1.2 Clasificación taxonómica

Bailey (1977) describe taxonómicamente a esta planta como sigue:

Reino :                Vegetal  
 División :           Embriófitas  
 Subdivisión :        Angiospermas  
 Clase :                Dicotiledóneas  
 Orden :               Geraniales  
 Familia :             Meliaceae  
 Género :              *Azadirachta*  
 Especie :             *indica*

Sinonimia :           *Melia azadirachta* L. y *Melia indica* A. Juss.

Nombres comunes : Nim, Neem, Nimb, Nimba, Margosa, Veppa (N.R.C. 1992).

### 2.1.3 Descripción botánica

Troup (citado por Radwanski 1977a) y Schmutterer (1990), lo describen como un árbol de tamaño pequeño a grande, de 12 a 25 m de altura; siempre verde, de tronco recto; corteza moderadamente gruesa, estriada longitudinal y oblicuamente; de color gris oscuro externamente y pardo rojizo internamente. El tallo rojo, fuerte y duradero. Las ramas esparcidas ampliamente y en forma de copa oval.

Las hojas lisas, alternas imparipinadas. Cuando alcanza su completo crecimiento llegan a tener una longitud de 40 cm. Pecíolos (7 a 17), delgados, de 8 cm de longitud, ovales, lanceolados, delgados en el ápice e irregulares en la base, la parte media es tan amplia como su base. Con folíolos alternos u opuestos, son más o menos ásperos y con bordes dentados, suaves y verde oscuros.

Las flores de color blanco, pequeñas, bisexuales; corto el pedúnculo; axilares, agrupadas en panículas; brácteas pequeñas y decíduas; cáliz imbricado y redondo, con sépalos suaves; la corola con cinco pétalos imbricados, oblongos, ovales en forma de capullo y con una longitud de 4 mm. Tienen 10 estambres situados en la base de un disco hipogeo; los filamentos en forma de tubo cilíndrico y largo. El gineceo es tri-penta-carpelar sincárpico. Presenta dos óvulos en cada lóbulo; el estigma con 5 lóbulos.

El fruto es una drupa pequeña, indehiscente, en forma de nuececilla que mide de 1.4 a 2.4 cm de largo; la semilla es una ex-albúmina con germinación epigea; el número de cromosomas está determinado por la etapa de la metafase en la meiosis del polen de las células madres, en un número de 14, los que son haploides con  $n$  cromosomas.

Su máxima producción de frutos la obtiene en 10 años, de 30 a 50 kg de semilla/árbol/año (I.R.R.I. 1982; Saxena 1983), dependiendo de varios factores ambientales como la precipitación y las condiciones del suelo (Schmutterer 1990).

#### 2.1.4 Habitat

Ahmed y Grainge (1986) mencionan que este árbol habita en zonas desde subhúmedas hasta semiáridas, en suelos con buen drenaje y puede ser susceptible a las heladas en sus etapas jóvenes de crecimiento. Se adapta a latitudes que van de los 5° latitud sur hasta los 37° latitud norte.

El nim, de crecimiento robusto, puede ser establecido sin riego en las regiones cálido-áridas del mundo, con precipitaciones anuales de 500 mm o menos (Radwanski y Wickens 1981), con temperatura a la sombra de hasta 50°C (Radwanski 1977a). Puede crecer en suelos pobres, profundos, pedregosos o arenosos, donde los cultivos tienen bajos rendimientos, aunque sean fertilizados; sus extensas raíces tienen la capacidad fisiológica para extraer nutrientes de suelos pobres altamente lixiviados; bajo condiciones de plantación, los nutrientes se reintegran al suelo por la caída de las hojas y ramas, llegando a ser aprovechado por los cultivos con pocas raíces. No se desarrolla bien en suelos con problemas de drenaje y susceptibles de inundaciones (Radwanski y Wickens 1981).

Debido a los varios nombres que recibe este árbol, en diferentes idiomas, sugiere que puede ser cultivado en muchos países, bajo un amplio rango de condiciones de suelo y clima.

#### 2.1.5 Distribución geográfica y diseminación a otros países

Al nim se le encuentra comúnmente en los bosques de arbustos de la zona árida de Birmania y, en forma silvestre en las montañas de Siwalik; así como en cualquier parte de la India, en los bosques de la región de Carnatic y en el sur de Deccan, en la ribera del río Guadavari (Radwanski 1977a).

Siendo una planta nativa subtropical, también se le encuentra en el sureste de Asia, Pakistán, Ceylan, Malasia, Indonesia, Japón, Sri Lanka, Thailandia y en

las regiones tropicales de Australia y Africa; en varias islas del Pacífico sur como son: Filipinas, Nueva Guinea, Fiji, Papua, Mauricio (Pradhan y Jotwani 1968, Jotwani y Srivastava 1983, Heyde et al. 1985, Jacobson 1986, Saxena 1989).

El nim fue introducido al occidente de Africa probablemente a principios del presente siglo; primero a Ghana y después a Nigeria y a otros países; principalmente en regiones con lluvias deficientes de Guinea, Sudán y zonas ecológicas de Sahel, donde existen varias plantaciones proveyendo necesidades de combustible y madera. En Sokoto, provincia de Nigeria, su introducción se le ha aclamado como "la bendición más grande del siglo" (Radwanski y Wickens 1981)

En América fue introducido recientemente a los Estados Unidos Americanos, en Sudamérica (Argentina, Brasil, Chile y Ecuador), en Centroamérica (Nicaragua y Honduras), el Caribe (Haití, Antigua, Surinam, Islas Vírgenes, Cuba y Puerto Rico) y ahora en México (Lewis y Elvin-Lewis 1983, Jacobson 1986, Leos y Salazar 1990, Dreyer y Hellpap 1992).

Durante los últimos 20 años, en estos países, el nim ha sido introducido para reforestación y producción de materiales combustibles en áreas secas y otros propósitos como: árbol de sombra en avenidas y productor de pesticidas naturales (Radwanski 1977a, Schmutterer 1990).

#### 2.1.6 Substancias químicas en la planta

Las plantas al evolucionar han desarrollado mecanismos de protección para defenderse de sus enemigos naturales, actuando como atrayentes, repelentes, tóxicos, esterilizantes, inhibidores del crecimiento y el desarrollo y disuasivos de la alimentación (Jacobson 1982). Los principales responsables de estos mecanismos, son las substancias químicas componentes de las partes usadas de las plantas, las que se encuentran en raíces, tallos, ramas, hojas y frutos. En el caso del nim, principalmente en las hojas y semillas (Ahmed y Grainge 1986).

Los exudados de la raíz contienen principalmente azúcares (glucosa y sucrosa), goma, proteínas y triptofano. La raíz es ampliamente utilizada en la medicina tradicional. El tronco está compuesto por una gran cantidad de taninos comerciales; además de sustancias para teñir seda y algodón, y de sales inorgánicas de calcio, potasio y hierro. La corteza presenta de 12 a 14% de taninos; sus exudados contienen polisacáridos complejos como la L-arabinosa, la L-fructosa, la D-galactosa y el ácido D-glucorónico (Radwanski 1977c, Radwanski y Wickens 1981).

Los análisis de hojas de nim han mostrado contenidos del 11-24% de fibra cruda, 48-51% de carbohidratos, 2.3-6.9% de grasas, 14-18% de proteína cruda, 7.7-8.5% de cenizas, 0.8-2.4% de Ca, 0.13-0.24% de P y 0.27-0.71% de Mg. También se han identificado varios aminoácidos, incluyendo 10 esenciales,  $\beta$ -caroteno, vioxalantina, buteína, zeaxantina, anteroxantina, criptoxantina, neoxantina y flavanoles. El aceite es rico en ácidos grasos. La pasta tiene un alto contenido de sulfuros; con aproximadamente 3.56% de N, 0.83 de P, 1.67% de K, 0.77% de Ca y 0.75% de Mg (Radwanski y Wickens 1981, Tirimanna 1984, Koul et al. 1990). Así mismo se han identificado y definido las estructuras químicas de otros compuestos que confieren las propiedades antagónicas a este árbol.

Los principios activos de las sustancias amargas del nim se han identificado como limonoides, grupo de estereoquímicos homogéneos tetranoterpenoides. El principio activo más importante es la azadiractina; así como otros 31 compuestos con principios menos activos o desconocidos, que han sido aislados incluyendo al  $\beta$ -sitosterol. Por lo menos nueve compuestos poseen actividad reguladora del desarrollo de insectos, además de la azadiractina, el meliantrol y la salanina, que también son inhibidores de la alimentación. El limonoide diacetil-azadiractinol, aislado de frutos frescos, es tan efectivo como la azadiractina contra *Heliothis virescens*. Otro antialimentario e inhibidor del crecimiento estrechamente relacionado con la azadiractina (designado como vepaol) y dos compuestos aparentemente nuevos (designados como isovepaol y nimibidina)

se han aislado de semillas de nim. Recientemente, se identificó un nuevo limonoide inhibidor del desarrollo en insectos, el 7-diacetil-17-hidroxi-azadiradion. El meliantrol y la salanina se han obtenido en pequeños cristales de forma y estructura definida, pero es poco conocida la estructura química de la azadiractina, habiéndose obtenido como un polvo blanco amorfo que se funde de 154 a 158°C (I.A.R.I. 1983, Saxena 1983 y 1989).

Los primeros compuestos aislados del nim fueron el nimbin, el nimbinin, el azadiractinol, aislado de frutos frescos, el azadiractol y el azadiracnol (Koul et al. 1990). Kraus et al. (1986) reportaron que se aislaron los compuestos 22, 23  $\beta$ -methoxyazadirachtin, y 1-tigloil-3 acetil-11-methoxiazadirachtinin. Estos compuestos, poseen diferentes propiedades antagónicas contra diferentes organismos, las cuales han sido evaluadas por varios investigadores.

#### 2.1.7 Usos del árbol de nim

Ahmed y Grainge (1986) asientan que las diferentes partes de este árbol son prometedoras en el control de plagas de granos almacenados y de cultivos en los países en vías de desarrollo, especialmente para los agricultores de bajos recursos. Todas sus partes, desde las raíces hasta las semillas pueden ser utilizadas para diferentes propósitos: en medicina, como fertilizante, combustible, usos cosméticos, en construcción de casas, como alimento de ganado e insecticida (Radwanski 1977b, Radwanski y Wickens 1981). Grainge et al. (citados por Ahmed y Grainge 1986) reportan que en la corteza, hojas, frutos y principalmente en la semilla se encuentran los componentes activos del nim; los más importantes, por su acción antialimentaria, son la salanina, el meliantrol y la azadiractina; siendo el último el más potente.

El nim, además de su efecto antialimentario en insectos, tiene acción como: repelente, regulador del crecimiento y desarrollo, inhibidor del apareamiento y la oviposición y esterilizante (Saxena et al. 1980a y b, Heyde et al. 1983,

W.I.C. 1985, Saxena 1989). Estos efectos se reportan en diferentes trabajos de investigación, tanto en plagas de granos almacenados como de cultivos.

#### 2.1.7.1 Plagas de granos almacenados

Las hojas y semillas de nim, en forma de polvos, extractos, aceites y pasta, han sido utilizadas desde tiempos remotos por agricultores rurales de la India y Pakistán, mezcladas con granos en sacos, recipientes, etc., para su almacenaje y protegerlos contra el ataque de insectos (Pradhan y Jotwani 1968, Saxena et al. 1988).

##### 2.1.7.1.1 Hojas

Las hojas de nim se han utilizado de diferentes maneras en el control de plagas de granos almacenados. Existen muchos estudios sobre sus propiedades antialimentarias y repelentes.

En la India y Pakistán, las hojas se han utilizado en las cajas transportadoras de frutas que van al mercado, para repeler el ataque de insectos (W.I.C. 1985). Los agricultores de estos países mezclan de 2 a 5 kg de hojas secas por cada 100 kg de grano o simplemente las mezclan en sacos de yute (Ahmed y Grainge 1986, Saxena et al. 1988). Atwal et al. (citados por Ketkar 1976a) comprobaron este método en trigo: agregaron a los sacos con grano, 30 adultos del gorgojo castaño de la harina *Tribolium castaneum* y encontraron que fue protegido contra el daño de esta especie por un tiempo mínimo de 2 meses.

Saxena et al. (1988) mencionan que la mezcla de hojas con trigo, arroz, garbanzo y otros granos es una práctica común en muchas aldeas de India y Pakistán. Teotia et al. (citados por Ketkar 1976a) al utilizar las hojas a razón de 4 y 8% en bolsas de trigo, encontraron efectividad contra el daño de la palomilla *Sitotroga cerealella* por más de 135 días, señalando que es un método

económico para proteger la semilla de trigo.

Para almacenar arroz en las granjas, recomiendan mezclar las hojas con el grano al 2% o colocar una cama de hojas, de 20-30 cm de espesor, como barrera entre el piso del almacén y los sacos de almacenaje, lo cual reduce significativamente la infestación y daño por insectos durante un período de 3 meses; en Sri Lanka, los agricultores queman las hojas generando humo para fumigar arroz y garbanzo en el almacén, contra el ataque de insectos (Muda, Ranasinghe citados por Saxena et al. 1988).

Ahmed y Grainge (1986) mencionan que algunos agricultores Indo-pakistaníes remojan sacos durante toda la noche en 100 l de agua que contiene de 2 a 10 kg de hojas de nim, poniéndolos a secar para posteriormente llenarlos de grano. También frotan las hojas maceradas sobre la superficie interior de depósitos de barro o utilizan una pasta de ellas mezclado con barro, empastando las paredes internas y la parte superior de un almacén rústico construido con materiales vegetales, antes de llenarlos con grano.

Las hojas secas en polvo tienen una acción repelente efectiva contra las plagas de granos almacenados; tales como el gorgojo del frijol *Callosobruchus maculatus* y del arroz *Sitophilus oryzae*; la reducción de *S. oryzae* es debido a la alteración del desarrollo larval y fecundidad del insecto; al 5%, reduce la población de 12 a 15 veces (Pruthi y Singh, Krishnamurthy y Rao, Pereira y Wohlgemuth, Rout citados por Saxena et al. 1988). Atwal y Sandhu (1970) al estudiar polvos inertes y varios vegetales, entre ellos el nim, encontraron que el polvo mezclado con grano suprimió las poblaciones de *T. castaneum* en un corto tiempo. Bains et al. (1977) reportan que el polvo no tuvo efecto sobre larvas del gorgojo kappra *Trogoderma granarium* y no hubo control sobre sus poblaciones. Ahmed et al. (1980) al probar polvo de hojas de *A. indica*, pimienta loco (*Vitex negundo*), tabaco (*Nicotiana tabacum*) y la planta biskatali (*Polygonum serralatum*), contra adultos de *S. oryzae*, encontraron que *V. negundo* fue más

efectiva como repelente que el nim. Jilani y Su (1983), al mezclar polvo de hojas de las plantas *A. indica*, *Curcuma longa* y *Trigonella foenum-graecum*, en dosis de 1 y 2% (peso x peso), contra *T. castaneum*, el gorgojo de los graneros, *Sitophilus granarius* y el barrenador menor de los granos, *Rhyzopertha dominica* encontraron que *C. longa* fue el mejor repelente en contra de las dos últimas especies de insectos y en menor grado el nim.

López (1991) al evaluar el efecto insecticida de varias plantas del noreste de México y al nim, para el control del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado, encontró que el epazote (*Chenopodium ambrosoides*) y el chaparro amargoso (*Castela texana*) fueron las más prometedoras, superando al nim. Con una dosis de 2% de polvo de hoja de nim en frascos con 110 g de maíz a los que se les agregaron 20 adultos, se obtuvo a los 60 días: una mortalidad máxima de 66.1%, una población de 29.2 de adultos y un daño al grano de 5.0%.

Alam (citado por Golob y Webley 1980), encontró que el polvo de hojas de nim no protegió al frijol contra el ataque de *Callosobruchus chinensis*. Así mismo, no se tuvo ningún tipo de acción en contra del gorgojo pinto del frijol *Zabrotes subfasciatus* en frijol almacenado (Legorreta 1993).

Diferentes extractos de hojas se han probado contra muchos insectos. Se ha demostrado la repelencia de extractos acuosos contra larvas de *T. castaneum*, adultos de *R. dominica* y de *T. granarium* (Jilani 1984). En trigo, extractos de éter de petróleo, repelieron a *T. castaneum* (Paul et al. 1963); Jilani y Su (1983) probaron que este tipo de extractos, fue más fuerte que extractos de acetona y etanol, con acción antialimentaria contra *R. dominica*.

Ambika et al. (1981) observaron una fuerte reducción de la fertilidad y el desarrollo de adultos de *C. chinensis* sobre el chicharo (*Vigna radiata*) tratados con extractos acuosos de hojas, siendo comparable con los resultados obtenidos por dos análogos de la hormona juvenil: la Hydroprene (ZR-512) y la MV-678. Islam

(1983), trabajando con un frijol (*Phaseolus aureus*), determinó que la mezcla de extractos acuosos de hojas y extractos etanólicos de semillas en proporción de 3:1 en concentraciones de 1 a 5%, inhibió fuertemente la sobrevivencia de *C. chinensis* y a 8-16%, todos los adultos de esta plaga murieron; además, encontró que del 40 al 60% de las larvas del primer instar del gusano *Diacrisia obliqua* murieron y se retardó el crecimiento de las larvas del segundo y tercer instar, reduciéndose el peso de las mismas.

#### 2.1.7.1.2 Semillas

La utilización de las semillas de nim ha dado buenos resultados en el control de las plagas de almacén. Se pueden usar en forma de polvos, extractos, aceite, o como pasta.

Ahmed y Grainge (1986), señalan que para obtener las semillas, los agricultores colectan el fruto, lo despulpan remojándolo en agua por 2 a 5 días, pisotean y tallan para separar la cáscara y la pulpa que se usa como abono; la semilla sin pulpa se pone a secar; se puede almacenar por un año sin que pierda su efectividad para controlar insectos.

Tradicionalmente, la semilla de nim se utiliza en forma de polvo mezclado con el grano a almacenarse, para protegerlo contra el ataque de insectos. Los granos donde esto se acostumbra incluyen: maíz, trigo, arroz, y leguminosas.

Las semillas mezcladas con maíz, redujeron la progenie de las palomillas *C. cautella* y *S. cerealella*, alterando el desarrollo larval y la fecundidad de los adultos (Pereira y Wohlgemuth citados por Saxena et al. 1988). Mismos resultados se han obtenido con *S. oryzae*, protegiendo al grano por 6 meses, además de prevenir y reducir la oviposición, alterar el desarrollo postembrionario y causando un 100% de mortalidad de los adultos a los 10 días (Saxena et al. 1988, Ivbijaro 1983b). Akou-Edi (1983), observó repelencia contra

adultos de *T. confusum* y *S. zeamais* y mortalidad de larvas de *T. confusum*.

En trigo tratado con 1 y 2% de polvo de semilla de nim, se ha observado repelencia contra *S. oryzae*, *R. dominica* y *T. granarium* por alrededor de 270, 320 y 380 días, respectivamente (Jotwani y Sircar 1965). Saramma y Verma (1971), con estas dosis, obtuvieron una protección de trigo por 4 y 5 meses contra larvas de *T. granarium*, respectivamente; a dosis de 2 y 4% se controló a *T. granarium*, obteniéndose daños leves de 16 y 8% después de 8 meses, respectivamente (Girish y Jain citados por Jilani 1984). En otro estudio, con dosis de 1 a 4%, se disminuyó el daño causado por *T. granarium*, por 7 a 16 meses (Siddig citado por Saxena et al. 1988).

En arroz, el polvo de semilla al 1 y 2% ha reducido la tasa de oviposición, la fecundidad, el desarrollo larval y la emergencia de adultos de *R. dominica* y *S. cerealella*, disminuyendo sus poblaciones. En *S. oryzae* también se ha reducido su población. En una dosis de 2%, el polvo de semilla mostró los mismos efectos que el malatión a 8 ppm en contra de *S. oryzae*, siendo mucho más efectivo que phoxim a 8 ppm (Savitri, Satpathy citados por Ketkar 1976a, Jilani y Haq 1984).

Jotwani y Sircar (1967), reportaron que el polvo de semillas de nim mezclado con semillas de *V. radiata*, *Cicer arietinum*, *Vigna unguiculata* y *Pisum sativum* repelió al gorgojo *C. maculatus*, por 8, 11, 9 y 9 meses, respectivamente; no se afectó la germinación. Yadav (citado por Jotwani y Srivastava 1983), encontró que este polvo protegió a varias leguminosas contra *C. chinensis* y *C. maculatus*; no existió descendencia de *C. chinensis* por cerca de 12 meses en lentejas (*Lens culinaris*) tratadas; no hubo daño de semillas de *C. arietinum* tratadas, por más de 12 meses; se protegió a *Lathyrus sativus* por más de 9 meses. Así mismo, se redujo la fertilidad de *C. maculatus* a cero, por un tiempo largo (Yadav citado por Schmutterer 1990). El polvo de semilla de nim mezclado con chícharos de *V. unguiculata*, los protegió contra *C. maculatus* por más de 4 meses (Tanzubil citado por Tanzubil 1991); no se afecta la sobrevivencia del adulto,

pero si se reduce la fecundidad, el desarrollo larval y la emergencia de adultos (Ivbijaro 1983a).

También se han probado extractos de semillas de nim, los que han mostrado tener varios efectos contra plagas de granos almacenados. En trigo, extractos de éter de petróleo repelieron a *S. oryzae* y *T. castaneum* (Syed citado por Ketkar 1976b, Qadri citado por Saxena et al. 1988). Qadri y Hasan (citados por Golob y Webley 1980), utilizando un extracto de éter evaporado, observaron reducción de las poblaciones de *S. oryzae*, pero no vieron efecto sobre su desarrollo. Maurer (1983), probó diferentes dosis de un extracto metanólico de semilla de nim contra *Ephestia kuehniella*: no observó efecto antialimentario sobre larvas; las dosis de 4 ppm o más causaron 100% de mortalidad de larvas; a dosis menores, el número de adultos emergidos estaba en proporción inversa a las larvas, pues se originó un estado larval adicional entre el 4° y 5° estadio, prolongándose la duración de la metamorfosis. En otros estudios, la aplicación de 7.2 g de extracto a sacos de yute con capacidad de 90 kg, controló en 80% las poblaciones de insectos y redujo el daño al grano por espacio de 6 meses; este tratamiento lo protegió en un 70% por cerca de 13 meses, comparado con el testigo; considerándose tan efectivo como el uso de 0.0005% de metil pirimifós mezclado con trigo (Jilani, Jilani y Amir citados por Saxena 1989).

El aceite de semilla de nim es otra formulación que el hombre ha usado para contrarrestar el daño por insectos a los granos almacenados. La semilla contiene cerca de 20% de aceite que se extrae al romperse el integumento usando una simple máquina eléctrica o de tracción animal (Radwanski y Wickens 1981, Ahmed y Grainge 1986). Se ha demostrado su efecto repelente, antialimentario, ovicida y larvicida en varias plagas.

En trigo, Paul et al. (1963), observaron que el aceite no fue tóxico para *T. castaneum*. Sin embargo, en dos artículos de Jilani et al. (citados por Saxena et al. 1988), se menciona que al alimentarse con harina tratada con aceite a

diferentes dosis, esta especie produjo pocas larvas de bajo peso. También se ha inhibido la reproducción y reducido las poblaciones de *S. oryzae* y *S. zeamais* (casi en un 90%) con tratamientos de aceite. Además, se reporta una reducción severa en la postura y viabilidad de huevos de *S. cerealella*, y en la emergencia de adultos, con resultados comparables a los de un tratamiento de malatión (Verma et al. citado por Saxena 1988).

En arroz, Savitri et al. (citados por Ketkar 1976b), encontraron que el impregnar costales de yute con aceite a razón de 100 mg/pie<sup>2</sup>, repelió y redujo las poblaciones de adultos de *R. dominica*, *S. cerealella* y *S. oryzae*, siendo más efectivo para la primera. Jilani y Saxena (1990), corroboraron este efecto repelente y definieron una acción antialimentaria contra *R. dominica*; con 200 a 800 µg/cm<sup>2</sup>, el efecto repelente duró por más de 2 meses. Devi y Mohandas, Prakash et al. (citados por Saxena et al. 1988) usando diferentes dosis protegieron grano de arroz contra *R. dominica* por 6 meses y redujeron las poblaciones de larvas y adultos de *S. oryzae* y *S. zeamais*. Pathak y Krisna (1985) observaron que el número y la viabilidad de huevos de la palomilla *Corcyra cephalonica* en arroz se redujeron significativamente cuando fue expuesta a emanaciones de vapor de aceite a 160 µl por un tiempo de 30 minutos.

Attri y Prasad (1980) obtuvieron efecto repelente contra *S. oryzae* durante al menos 4 meses, al humedecer maíz con extracto de aceite al 1% por 20 minutos. Akou-Edi (1983) observó efecto repelente contra *T. confusum* y *S. zeamais* en maíz a diferentes concentraciones, reduciéndose la población de *T. confusum*.

Varias leguminosas como los chicharos *V. unguiculata*, *C. arietinum* y *V. radiata*, y el garbanzo, han sido protegidas por al menos 3 meses contra los gorgojos *C. chinensis*, *C. maculatus* y *C. analis* con tratamientos de aceite de semilla de nim en dosis entre 0.003 y 1.0%. Los efectos sobre los insectos han sido: inhibición de la oviposición y viabilidad del huevo y del desarrollo larval, y mortalidades de 90 y 100 de huevecillos, larvas y adultos (Ketkar 1976b

y 1986, Pereira, Sangappa, y Das citados por Saxena et al. 1988, Ali et al. 1983, Yadav citado por Schmutterer 1990).

La pasta de nim es lo que queda al extraer el aceite de las semillas, representa el 80% del peso total de ellas (Ahmed y Grainge 1986, Radwansky y Wickens 1981). Pruthi (citado por Saxena et al. 1988) reporta la pasta como un efectivo repelente contra plagas de trigo almacenado. Attri y Prasad (1980), encontraron que no se protegió al maíz contra *S. oryzae* al aplicarse un extracto de pasta al 1%; pero, Bowry et al. (citados por Saxena et al. 1988), con polvo de pasta al 1%, sí redujeron las poblaciones de esta especie en maíz.

#### 2.1.7.2 Plagas y enfermedades de cultivos

Formulaciones caseras de nim, han sido por años utilizadas con efectividad por agricultores de países en desarrollo contra las plagas de muchos cultivos; recientemente, varios insecticidas comerciales a base de nim se venden incluso en los países desarrollados. Las hojas y semillas se usan: en partes enteras, en polvo, en extractos acuosos y alcohólicos, y en forma de aceite y pasta.

Diversas formas de uso de las hojas han probado ser efectivas como materiales antialimentarios contra el picudo de la alfalfa *Epicaerus aurifer*, la langosta *S. gregaria* (Chopra citado por Schmutterer 1990), el escarabajo de la hoja del frijol *Ootheca bennigseni* (Karel 1989), en el chicharo *V. unguiculata*, contra los trips *Megalurothrips sjostedti* y las larvas del barrenador de la vaina *Maruca testulalis* (Tanzubil 1991), en arroz contra *Nilaparvata lugens* y *Nephotettix nigropictus* (Islam 1983).

Efectos sobre la oviposición, emergencia y desarrollo se han observado en ninfas de las chicharritas café y verde *Nilaparvata lugens* y *N. virescens* (Kareem et al. 1989a). También se han visto inhibición del crecimiento en el escarabajo mexicano del frijol *Epilachna varivestis*, el escarabajo colorado de la papa

*Leptinotarsa decemlineata* y la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella*. El problema sobre el crecimiento se relaciona con anomalías morfogénicas que han sido plenamente documentadas en la chinche del café *Antestiopsis orbitalis bechuana*, donde las ninfas tratadas con extractos de hojas de nim mostraron efectos similares a los provocados por sustancias naturales o sintéticas con actividad hormonal (Steets, Leuschner citados por Saxena 1989).

Aunque el resultado final de los efectos mencionados es generalmente la muerte. El efecto del nim como tóxico que causa la muerte en forma directa ha sido leve en plagas de cultivos. Chopra (citado por Schmutterer 1990), encontró un 25% de mortalidad en acción de contacto contra el picudo de la alfalfa.

Un efecto adicional importante es el de la repelencia verdadera (puramente olfatorio, sin contacto directo). Fagoonee (citado por Schmutterer 1990), al tratar col con extractos etanólicos y metanólicos de hojas, observó este efecto contra el gusano *Crocidolomia binotalis* desde una distancia de 25 cm, evitando que ovipositaran.

La semilla del nim, por su mayor contenido de materiales activos, ha sido estudiada y usada para más plagas en más cultivos. Los insectos incluyen especies de los órdenes: Orthóptera, Coleóptera, Lepidóptera, Hemíptera, Homóptera, Díptera, Thysanóptera; además se incluyen arañas rojas (Arácnida: Acarina) y caracoles (Crustácea). Entre los cultivos donde se ha usado semilla de nim se incluyen: maíz, arroz, trigo, sorgo, frijol, chícharo, cacahuete, tomate, pepino, oca, berenjena, col, mostaza, tabaco, algodón, crisantemo.

Los efectos producidos son básicamente los mismos que los de las hojas, pero mayores y a dosis más bajas. Se ha comprobado la acción sistémica del nim, controlando eficientemente y afectando el hábito de alimentación de insectos chupadores con lo que se han reducido las infecciones de enfermedades transmitidas por estos insectos. Su uso como tratamiento a la semilla de siembra de algunos

cultivos también ha sido eficiente (Pradhan et al. 1968, Ketkar 1976a, Ladd et al. 1978, Warthen et al. 1978b, Attri y Prasad 1980, Saxena et al. 1980a y b, 1983, 1987a y b, y 1989, I.R.R.I. 1982, Heyde et al. 1983 y 1985, Islam 1983, Jotwani y Srivastava 1983, Schmutterer et al. 1983, Redfern et al. 1984, Larew et al. 1985, Saxena y Khan 1985a y b, Kirsch 1986, Meisner y Ascher 1986, Kareem et al. 1988b y 1989b, Narasimhan y Mariappan 1988, Saxena y Boncodin 1988a y b, Karel 1989, Ramaraju y Sundara Babu 1989, Saxena 1989, Tanzubil 1991, Dreyer y Hellpap 1992).

Los materiales obtenidos con hojas y semillas han tenido efecto sobre varios organismos que provocan enfermedades o dañan a los cultivos, tales como hongos, bacterias, nematodos y ostrácodos (Saxena 1983, W.I.C. 1985, Grant 1986).

Los derivados del nim no afectan a los agentes de control biológico de las plagas de cultivos, como parásitos y depredadores, o su efecto es mínimo. Esto es debido a que sus reguladores del crecimiento no son de contacto y su acción tóxica directa es leve. En algunos casos se favorece el parasitismo (Saxena et al. 1980b y 1983, Schmutterer et al. 1983, Schmutterer 1990).

#### 2.1.7.3. Plagas urbanas y pecuarias

Los derivados del nim han probado sus efectos contra insectos urbanos y de establo como: seis especies de cucarachas incluyendo *Periplaneta americana* (Adler citado por Schmutterer 1990); moscas *Musca domestica*, *M. nebulosa*, *Lucila sericata*, *Stomoxys calcitrans* (Paul et al. 1963, Warthen et al. 1978a, Attri y Prasad 1980, Ascher y Meisner, Rice et al., Gill citados por Schmutterer 1990); mosquitos, *Culex fatigans*, *C. quinquefasciatus*, *C. pipiens*, *Aedes aegyptii*, y *Anopheles stenphensis* (Zebitz 1986; garrapatas (Anónimo 1987); pulgas *Ctenocephalides felis* y *Xenopsilla brasiliensis* (Kilonzo 1991).

#### 2.1.7.4 Otros Usos

Antes de descubrirse las propiedades insecticidas del nim, éste se usaba ampliamente en áreas rurales de India y Africa por sus propiedades medicinales, que serán discutidas en el siguiente capítulo. Adicionalmente, el nim es usado con propósitos agronómicos, industriales, y otros (Radwanski 1977a, Radwanski y Wickens 1981, Koul et al. 1990).

El nim también puede ser usado como fuente alimenticia para aves, ganado vacuno y borregos. Los materiales extraídos de la semilla, usados como alimento mezclado para aves de postura, han sido comparados con el cacahuete como sustancia alimenticia. Así mismo, la harina de semilla procesada es rica en proteínas, libre de grasas y lípidos asociados; se señala que fue palatable para búfalos a concentraciones de 25%. Incorporando un 20% de pasta a la dieta de borregos, les ha propiciado un mayor crecimiento; mezclado al 50% con maíz no causó efectos tóxicos (I.R.R.I. 1982, Saxena et al. 1984, W.I.C. 1985, Vijjan et al. citados por Ahmed y Grainge 1986, Koul et al. 1990).

Dado que es de crecimiento rápido, el nim es fuente de leña en las zonas áridas de India y Africa. La madera es dura y se parece a la caoba cubana, resistente al ataque de termitas, carcoma y pudriciones. Su resina es un sustituto del pegamento. La corteza en fibra es empleada en la fabricación de cordeles y para curtir pieles de cabras. Las ramitas son utilizadas como limpiador de dientes. Además, el nim es un excelente árbol de sombra en parques, avenidas y jardines. (Ketkar 1976b, Radwanski 1977a y b, Ahmed y Grainge 1986, Lewis y Elvin-Lewis 1983).

El fruto tiene diversos usos. la pulpa es un material promisorio para generar gas metano; es utilizada en las fermentaciones industriales como fuente básica de carbohidratos. La cáscara de la semilla es un ingrediente en la preparación de carbón activo y formación de polvos termoestables. El aceite, se

utiliza en la manufactura de jabón y detergentes, champú y jabones para perros, que controlan garrapatas y pulgas. También se elaboran productos cosméticos, como son crema perfumada para uso dermatológico y esmalte de uñas. El aceite crudo se usa para iluminar, calentar y como lubricante de maquinaria. El aceite purificado se usa como desinfectante y componente emulsificable para asperjar insecticidas (Radawanski 1977a, Radawanski y Wickens 1981, I.R.R.I. 1982, N.R.C. 1992). Así mismo, los extractos de la pasta inhiben la degradación en el suelo del insecticida carbofuran (Attri y Prasad 1980, Karsem et al. 1988a).

Las hojas son usadas por agricultores como fertilizante en caña de azúcar, la pasta resultó mejor que el estiércol de vaca (W.I.C. 1985). La incorporación de hojas de nim ha permitido conservar más el nitrógeno en el suelo, obteniéndose altos rendimientos de arroz (Santhi y Palaniappan 1987): se atribuyen propiedades que reducen la desnitrificación al inhibir a las bacterias que la producen. La pasta ha permitido aumentar el rendimiento de algodón, trigo, arroz, y otros cultivos y favorecer la jardinería, floricultura y horticultura (Radwanski 1977a y c, Attri y Prasad 1980, Radwanski y Wickens 1981, I.R.R.I. 1982, Saxena 1983, Ketkar 1983, Koul et al. 1990).

#### **2.1.8 Farmacología**

El árbol del nim ha sido usado ampliamente en la India debido a sus propiedades medicinales, principalmente en las áreas rurales. En los antiguos escritos del Sanskrito, se asienta que sus propiedades farmacológicas fueron tan populares, que este árbol virtualmente era la botica del pueblo; En la actualidad tiene múltiples usos médicos (Ketkar 1976b, Radwanski 1977a, b, Koul et al. 1990). Radwanski (1977b) señala que en la medicina hindú, el nim es conocido con varios nombres, como: Arishta (alivio de las enfermedades) y Pichumarda (destructor de la lepra).

Para aprovechar las propiedades medicinales del nim, muchas partes del árbol deben ser ingeridas o entrar en contacto con los humanos en forma muy variada: ingestión de hojas enteras; té y extractos de hojas, frutos, y corteza como bebida medicinal; baños conteniendo hojas hervidas; cataplasmas de hojas y pasta de semilla; ungüentos de aceite o savia y lociones de extractos de hojas en aplicaciones tópicas, aislados puros del aceite (nimbidin, nimbidiol, nimbin, nimbinato de sodio y nimbidinato de sodio) y de hojas y aceite (gedunín) ingeridos en forma dosificada, inyecciones de una fracción (G) obtenida de semillas frescas (Radwanski 1977a, b, Radwanski y Wickens 1981, Lal y Yadav 1983, Sadre *et al.* 1983, Ahmed y Grainge 1985 y 1986, Sankaram *et al.* 1986, Schneider 1986, Khan y Wassilew 1986, Koul *et al.* 1990, N.R.C. 1992,

#### 2.1.9 Toxicología

Los productos del nim han resultado seguros para el humano, los mamíferos y el ambiente; son convenientes para el manejo de plagas de insectos (Jotwani y Srivastava 1983, Ahmed *et al.* 1984, Saxena 1983). Qadri *et al.* (1984) reportaron que dosis orales en ratas de hasta 600 mg/kg de Nimrich 100, insecticida comercial con un 30% de aceite de nim, les causó alto consumo de alimento y mayor ganancia de peso, sin efecto tóxico. Así mismo, ratas y ratones albinos no se afectaron al alimentarse con nimbidín (aislado puro) a dosis de 1000 mg/kg; en perros alimentados con este producto a 10 y 20 mg/kg por 4 semanas, no provocó efectos tóxicos (Pillai y Santhakumari citados por Koul *et al.* 1990). Jotwani y Srivastava (citados por Ahmed y Grainge 1986) señalan que en humanos, no hubo efectos secundarios de importancia después de administrarse en forma oral o intravenosa dosis de 7,000 y 1,000 mg de nimbinato de sodio, respectivamente.

Pese a todas las propiedades benéficas del nim, se reportan estudios de problemas tóxicos, por lo que se deben realizar estudios toxicológicos sistemáticos que permitan delimitar su uso. Al respecto, un extracto metanólico de hojas en dosis de 13 g/kg produjo malestares, letargo, hipotermia y espasmos

gastrointestinales en ratones (Sinniah et al. citados por Koul et al. 1990). Sadre et al. (1983) reportaron que extractos en agua fría de hojas frescas, administrados oralmente a conejillos de India y conejos resultaron tóxicos, causando mortalidad de 66.6 y 74.9 % en conejillos y 80 y 90% en conejos, durante un período de 4 y 6 semanas. Suspensiones acuosas de hojas verdes o secas, administradas oralmente a conejillos de India en dosis de 50 a 200 mg/kg, por un período de 8 semanas, les causó reducción en el peso y de la tasa de pulsaciones; provocó diarrea cuando se alimentaron de hojas frescas (Koul et al. 1990).

Se ha reportado que extractos de nim a concentraciones de 0.04% fue tóxico para los peces insectívoros *Gambusia sp.* y renacuajos (Attri y Prasad 1980, Jotwani y Srivastava 1983). Schafer y Jacobson (citados por Jacobson et al. 1983) reportaron que la LD<sub>50</sub> para pájaros con aceite de nim fue mayor a 1,000 mg/kg, y con extracto de aceite de 1,000 mg/kg.

Cuando se administró aceite de semilla a humanos, como antihelmíntico, les produjo náuseas y malestar general. Hay indicios de que el aceite está involucrado en la etiología del Síndrome de Reyes en niños, posiblemente debido a un efecto sinérgico de las aflatoxinas contenidas en él (Chopra et al., Sinniah et al. citados por Koul et al. 1990). Ahmed y Grainge (1985), señalaron que aunque el nim generalmente no es tóxico para humanos, puede serlo si el aceite o la pasta se hace con frutos que están infectados con hongos o podridos.

## 2.2 El Gorgojo Castaño de la Harina *Tribolium castaneum* Herbst

Este insecto es conocido como gorgojo castaño de la harina, aunque también se le denomina gorgojo rojo de la harina (Ramírez-Genel 1966, SARH 1980, Ramírez 1986).

Phylum : Arthropoda  
Clase : Insecta  
Orden : Coleoptera  
Familia : Tenebrionidae  
Género : *Tribolium*  
Especie : *castaneum*

### 2.2.1 Importancia

*T. castaneum* ataca generalmente a productos almacenados y a granos dañados por otros insectos, ya que no es capaz de perforar y dañar a los granos sanos (Lindblad y Druben 1979, SARH 1980, Ramírez 1986). Sin embargo, se ha demostrado que en granos con pequeñas lesiones puede iniciar el ataque de ellos, considerándolo como plaga primaria; como lo es en harinas y productos molidos (Ramírez-Genel 1966, SARH 1980).

### 2.2.2 Distribución y Habitat

Se considera que *T. castaneum* es originario de la India, pero puede habitar áreas tropicales, subtropicales, cálidas y templadas del mundo; considerándose una especie cosmopolita; encontrándose en almacenes, bodegas y graneros (Dobie et al. 1991, Ramírez-Genel 1966).

### 2.2.3 Apariencia

El adulto es un típico tenebriónido, de 2.3 a 4.4 mm de largo, aplanado; de color café rojizo (Dobie et al. 1991). La cabeza, el tórax y el abdomen son diferenciales; antenas bien desarrolladas, los tres últimos segmentos ensanchados formando una maza, carácter distintivo con *T. confusum* (Ramírez-Genel 1966, SARH 1980); ojos parcialmente divididos por un borde lateral de la cabeza que corre hacia atrás de la misma, y que, en su punto más angosto tiene 3 o 4 facetas

(Freeman 1980, Ramírez 1986). El macho posee un penacho de pelos en la superficie ventral del fémur anterior, ausente en la hembra (Dobie et al. 1991). Del I al IV segmento abdominal, se presentan dos setas a ambos lados de una línea imaginaria desde la parte posterior del espiráculo; con tres setas largas de cada lado del tergo en la línea anterior de setas (Spilman 1991).

Las larvas son gusanos delgados, cilíndricos, de color amarillo pálido; al completar su desarrollo miden 4.5 mm de largo. Los segmentos presentan pelos finos y en el segmento terminal poseen un urogomphi de dos cuernos dirigidos hacia arriba (SARH 1980, Dobie et al. 1991).

#### 2.2.4 Ciclo de Vida y Hábitos

Las hembras pueden copular varias veces y depositan los huevos aislada y libremente en las impurezas del grano y harinas; ponen un promedio de 450 huevos en varios meses, dependiendo de la temperatura. En un período de dos meses a 25°C, las hembras pusieron en promedio 2.5 huevos/día; a temperatura de 32.5°C este número aumentó a 11 huevos/día (Dobie et al. 1991); los huevos recién ovipositados son húmedos y pegajosos, pequeños, delgados y cilíndricos, redondeados en los extremos y de color blanquizco; son cubiertos por pequeñas partículas de harina, polvo u otros productos, dificultando su localización (Ramírez-Genel 1966, Lindblad y Druben 1979, SARH 1980, Ramírez 1986)

Dobie et al. (1991) aseveran que bajo condiciones óptimas las larvas emergen del huevo aproximadamente a los 2.7 días después de la oviposición, con un 92% de emergencia. Ramírez-Genel (1966) y SARH (1980), manifiestan que la eclosión de huevos varía de 5 a 12 días, dependiendo de la temperatura, siendo la óptima de 27°C. Las larvas se alimentan del sustrato en que se encuentran; con una dieta de trigo, mudan de 7 a 8 veces con una mortalidad del 4% y tardan un promedio de 12.9 días para llegar a pupa (Dobie et al. 1991). Lindblad y Druben (1979) asientan que el estado larvario puede durar en promedio 35 días,

prolongándose de acuerdo a la temperatura, y a la naturaleza y disponibilidad del alimento; puede llegar, a veces, hasta 90 días (Ramírez-Genel 1966, SARH 1980).

La pupa es desnuda; al principio es blanca, tornándose gradualmente en amarillenta; presenta en la superficie dorsal haces de pelos como en el caso de las larvas. En condiciones óptimas, el estado pupal tarda de 6 a 9 días para llegar a adulto; en los meses cálidos del verano pueden tomar unas 6 semanas; sin embargo, puede prolongarse en los meses fríos del invierno (Ramírez-Genel 1966, SARH 1980). Dobie *et al.* (1991) indican que con alimento de trigo y condiciones óptimas, este tarda en promedio 4.5 días.

Dobie *et al.* (1991) asientan que bajo condiciones físicas y de alimentación óptimas, el desarrollo de huevo a adulto es de aproximadamente 20 días. Siendo cacahuete el alimento, el desarrollo toma cerca de 45 días; sin embargo, la depredación sobre otros insectos, por ejemplo *Plodia interpunctella*, provee un suplemento alimenticio que incrementa la tasa de desarrollo y reduce la mortalidad de esta especie. Con salvado de trigo como alimento, el tiempo total que tarda el desarrollo de esta especie es de 35 días (Ramírez 1986).

Dobie *et al.* (1991) manifiestan que los adultos de *T. castaneum* pueden vivir cerca de 6 meses; Ramírez (1986) establece que puede ser hasta 18 meses. Los adultos se alimentan de harina, residuos y granos que han sido dañados por otros insectos (Lindblad y Druben 1979). También pueden alimentarse de restos de origen animal y ocasionalmente, a falta de alimento, son depredadores de otros insectos. Por lo que, la práctica del canibalismo y depredación tiene un papel importante en su nutrición. Frecuentemente los huevos y pupas son comidos por los adultos: los machos prefieren a las pupas y las hembras a los huevos. Se conoce que las larvas y adultos pueden devorar todos los estados de *P. interpunctella*, *Ephestia cautella* y *C. cephalonica* y los huevos, larvas jóvenes y pupas de *O. surinamensis* (Dobie *et al.* 1991).

### 2.2.5 Control de *T. castaneum* con Otras Plantas

Se ha mencionado que *T. castaneum* es una plaga que daña grandemente a los granos almacenados, y el uso de plantas nativas como fuente de principios insecticidas es un recurso innovador, que el hombre ha aprovechado para controlar esta plaga. Al respecto, se han encontrado varios materiales de plantas que provocan efectos sobre su comportamiento y biología.

Gundurao y Majunder (1966) señalaron que el uso de extractos orgánicos de polvos de raíces de *Kaempferia galanga* a dosis de 2,500 ppm presentaron un alto grado de repelencia contra *T. castaneum*. Jilani y Su (1983) encontraron que extractos de éter petróleo de polvos de rizomas de *Curcuma longa* a dosis de 170 a 680  $\mu\text{g cm}^2$  en trigo, tuvieron un fuerte efecto repelente en contra de esta plaga. El uso de 0.06 a 0.3  $\mu\text{l}$  de piretrinas naturales con BTH como antioxidante al 1% (peso x peso) mezclado con butóxido de piperonilo (10%), tuvo alta toxicidad contra este insecto (Lloyd 1973).

Atwal y Sandhu (1970), reportaron que el polvo de semilla de *Melia azedarach* mezclado con trigo al 2% (peso x peso), protegió al grano contra *T. castaneum* mínimamente 2 meses. Así mismo, se ha reportado que semillas de *Annona squamosa* presentan propiedades insecticidas contra esta especie (Mukherji y Ram 1958 citados por Atwal y Sandhu 1970). Singh y Krishna (1980) encontraron que el aceite de mostaza aplicado en una dieta de harina de trigo, redujo el número de huevos puestos por la hembra, sin afectar su viabilidad. Ediz y Davis (1980) encontraron que extractos de semillas y corteza de colza *Brassica napus*, mostraron efectos repelentes contra esta plaga cuando se trató harina de trigo con soluciones de 10 mg/ml.

Saxena et al. (1976) indican que las hembras expuestas a vapores de aceite de *Acorus calamus* presentaron infecundidad y regresión inicial del oocito terminal, por lo que disminuyó el número de huevos por ovariolo, siendo esto

proporcional a las dosis expuestas; no hubo intervención en la formación del corion y del huevo; sin embargo, se absorbieron los oocitos y se perdió la membrana vitelina. Mishra y Kumar (1983) infirieron que aún cuando la viabilidad del huevo es normal, la emergencia de larvas del 1<sup>er</sup> instar es menor, ya que mueren cuando los huevecillos son fumigados con aceite extraído de las hojas de *Mentha piperita*, a dosis de 4  $\mu\text{l}/100\text{ c}^3$  de espacio, provocando 90% de mortalidad.

Sharma et al. (1981), encontraron que 10 mg de extracto libre de acetona de *Lavandula gibsonii*, provocó repelencia contra adultos de *T. castaneum*. Los extractos de flores de *Tagetes erecta* disueltos en éter, aplicados al esternón torácico de este insecto a dosis de 1  $\mu\text{g}/\text{insecto}$ , fueron dos veces más tóxicos que una solución de malatión al 0.05 mg/ml (Morrallo-Rejesus y Decena 1982).

Las poblaciones de *T. castaneum* fueron mejor controladas con extractos de *A. calamus* aplicados a costales en dosis de 600  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , que con pirimifos metil en concentraciones de 5 ppm (Jilani citado por Saxena 1987). Saxena y Yadav (1986) reportaron que larvas de 1<sup>er</sup> instar, alimentadas con harina de trigo mezclada con extractos de hojas de *Delonix regia* a 2,000 y 4,000 ppm, causaron retraso en el desarrollo y crecimiento de las larvas para llegar al estado adulto; las larvas presentaron menor peso y tamaño, pobre desarrollo de la piel y mayor mortalidad de larvas y pupas. Se reporta que el alcaloide vascine, extraído de hojas de *Adhatoda vasica*, a dosis de 0.1 y 0.5%, causó mortalidad del 25 y 50% a diferentes estados larvales; las hembras que sobrevivieron, mostraron reducción gradual en la oviposición y en su alimentación (Saxena et al. 1986). Saim y Meloan (1986), encontraron que los compuestos benzaldehído, piperidina y geraniol, aislados de las hojas de laurel *Laurus nobilis*, fueron efectivos como repelentes contra esta especie a 50 ppm.

### 3. MATERIALES Y METODOS

El presente estudio del efecto insecticida de polvo de hojas de nim, se realizó en el Laboratorio del Programa de Investigación sobre Plagas de Productos Almacenados del CIA-FAUANL, sita en Marín, N.L.

El insecto con el que se trabajó fue el gorgojo castaño de la harina *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera:Tenebrionidae). Los insectos para hacer una nueva colonia, se obtuvieron de una que había sido mantenida por cinco años en el laboratorio, cuyas condiciones son de alrededor de 27°C de temperatura y 60% de humedad relativa. La colonia para este estudio se obtuvo infestando 6 kg de maíz quebrado (molino manual), contenido en un cajón de madera de 30x30x50 cm con cubierta de vidrio.

Para obtener adultos de edad conocida, se zarandeo el grano infestado en un tamiz; del material que pasó la malla, se retiraron todos los gorgojos adultos y se dejaron en cría los insectos inmaduros en frascos de vidrio. Dos semanas después, se colectaron los adultos jóvenes que fueron usados en las pruebas. Para determinar la proporción de machos y hembras en la cría se tomaron muestras justo antes de hacer las infestaciones en los tratamientos.

En las pruebas se usó maíz de la variedad Blanco la Purísima de la cosecha previa a los experimentos. Se fumigó con fosfina y se seleccionó exclusivamente grano sano. El contenido de humedad del grano se determinó con un aparato Steinlite 400 G, aumentándose y ajustándolo a 13.5%, usando la fórmula mencionada por Harris y Lindblad (1978).

Las hojas colectadas de los árboles de prueba, se dejaron alrededor de un mes dentro del laboratorio; estaban extendidas sobre papel periódico, donde se secaron. Las condiciones ambientales del laboratorio fueron las mencionadas arriba. El secado a la sombra es una condición necesaria, ya que se reporta que los productos contenidos en los materiales del nim son sensitivos a exposiciones

de alta intensidad de luz solar (Saxena 1987; N.R.C. 1992). Se separaron los folíolos de las hojas (eliminando el raquis central) y se molieron en un molino eléctrico, de modo que el polvo resultante pasara a través de un tamiz No. 18 (abertura de 1 mm). El polvo de hoja se pesó de acuerdo a las dosis requeridas y se colocó en un refrigerador a 10°C, en sobres de papel dentro de bolsas de plástico hasta que se aplicó a los tratamientos 15 días después.

Los experimentos se desarrollaron en una cámara ambiental construida localmente; las condiciones ambientales para este estudio se fijaron con  $27 \pm 3^\circ\text{C}$  de temperatura y  $65 \pm 10\%$  de humedad relativa, que están en equilibrio con el 13.5% de contenido de humedad del grano usado para las pruebas. Se llevó un registro de dichos factores durante el desarrollo de los experimentos con un Higrotermógrafo Cole-Palmer. Se pusieron las unidades experimentales en la cámara ambiental para la aclimatación del grano durante 15 días.

En el presente estudio se desarrollaron dos experimentos como se describe a continuación.

### 3.1 Primer Experimento

Esta prueba se hizo para valorar las propiedades antagónicas de diversos árboles de nim contra insectos. El objetivo fue definir si existían diferencias de efectividad insecticida entre los árboles, e identificar aquellos mejor adaptados al medio y más efectivos para controlar insectos.

En Septiembre de 1992 se visitaron 10 municipios del estado de Nuevo León donde se habían plantado árboles de nim en 1990 como parte del Programa "Importación y Diseminación del Arbol Insecticida Nim en México" de la FAUANL. De 64 árboles observados en cinco de los municipios, se seleccionaron 19 para tomar follaje y comparar su acción contra *T. castaneum*. La selección se hizo con la intención de probar árboles vigorosos y de diversas partes del Estado. Las

características observadas para definir una mejor adaptación al medio fueron: altura, diámetro del tallo a 30 cm del suelo y número de ramas secundarias, así como un follaje más denso y sano. Los datos de los árboles están en el Cuadro 1; fueron: dos de Linares, uno de Montemorelos, tres de Pesquería, tres de Higueras y 10 de Marín (siete se encuentran en una huerta de la FAUANL).

Cuadro 1. Características de los árboles de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) utilizados en el primer experimento.

Arbol (Identificación)	Altura (m)	Diámetro del tallo a 30 cm (cm)	No. de ramas secundarias
Linares: L-1	1.94	3.2	18
L-2	2.03	4.1	23
Montemorelos: MM-1	2.25	4.4	28
Pesquería: P-1	3.52	5.6	23
P-2	3.05	3.3	18
P-3	3.53	4.2	9
Higueras: H-1	2.56	6.2	37
H-2	3.90	9.7	29
H-3	4.92	12.7	52
Marín: M-1	3.21	8.3	31
M-2	3.35	8.1	30
M-3	4.11	9.7	37
M-4	2.09	8.3	34
M-5	3.21	8.1	29
M-6	4.52	10.6	37
M-7	4.51	12.2	47
M-8	4.17	12.6	44
M-9	3.07	8.0	32
M-10	2.25	7.8	30

Las unidades experimentales fueron de 120 g de maíz (90% de grano entero y 10% de grano quebrado), en frascos de vidrio de 1 litro tapados con papel bond. Después de los 15 días de aclimatación, se aplicaron los tratamientos a cada una de las unidades experimentales. El polvo de hoja en dosis de 2% (peso x peso) se mezcló uniformemente con el grano mediante agitación manual.

Inmediatamente después, se realizó la infestación; a cada unidad se le introdujeron 20 individuos de *T. castaneum* de menos de 15 días de edad. En base a tres muestras de 100 individuos (una de cada frasco de cría) se determinó que

la proporción de machos y hembras a introducir era de 1:1. Por lo que se asume que se introdujeron 10 hembras y 10 machos. Los frascos se regresaron a la cámara ambiental, señalándose el día 26 de Octubre de 1992 como el inicio de la prueba.

El experimento se constituyó bajo un diseño de bloques al azar con 20 tratamientos y cuatro repeticiones. Uno de los tratamientos era un testigo que consistió de grano infestado, pero sin aplicación de polvo. Los otros, eran los 19 árboles seleccionados. Las repeticiones se consideraron bloques, pues se instalaron con un día de intervalo entre ellas.

El modelo estadístico del diseño experimental fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Observación del tratamiento  $i$ , bloque  $j$

$\mu$  = Media verdadera general

$\tau_i$  = Efecto verdadero del  $i$ -ésimo tratamiento

$\beta_j$  = Efecto verdadero del  $j$ -ésimo bloque

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental de la  $ij$ -ésima observación

Para evaluar el efecto de los materiales, se hicieron conteos de insectos vivos y muertos en cuatro intervalos. El primero se realizó a los 3 días después del inicio de la prueba, contándose los adultos introducidos. El segundo se hizo a los 15 días, donde además de los introducidos, se contaron por aparte los insectos inmaduros de la  $F_1$ ; en este conteo se sacaron de los frascos los adultos introducidos vivos y muertos. El tercer conteo se realizó a los 33 días para los insectos (inmaduros) de la  $F_1$ . El cuarto conteo se realizó a los 78 días, para los insectos de la  $F_1$  convertidos en adultos, así como para el total de insectos (adultos e inmaduros) en las unidades experimentales.

Para cada fecha de evaluación se hicieron análisis de varianza para las siguientes variables:

I.- Mortalidad: a) de los insectos introducidos a los 3 y 15 días; b) de los insectos inmaduros de la F<sub>1</sub> a los 15 y 33 días; c) de los adultos de la F<sub>1</sub> a los 78 días; y d) del total de insectos a los 78 días. Los análisis de varianza se hicieron con los valores transformados a ángulos Bliss (arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción). Los porcentajes iguales a 0 o 100, se ponderaron tal como lo sugiere Bartlett (citado por Snedecor y Cochran 1971). Para obtener valores más verídicos de la variable porcentaje de mortalidad, se planeó hacer la corrección de los datos con la fórmula de Abbott con la finalidad de descartar la muerte natural o de algún factor ajeno. Básicamente esta fórmula corrige los datos de acuerdo a la mortalidad que ocurre en el testigo.

A continuación se presenta la formula de Abbott.

$$MC = \frac{x - y}{100 - y} \times 100$$

dónde: MC = mortalidad corregida

x = % de mortalidad en el tratamiento

y = % de mortalidad en el testigo

II.- Población total de insectos vivos y muertos: a) número de inmaduros de la F<sub>1</sub> a los 15 y 33 días; b) número de adultos de la F<sub>1</sub> a los 78 días; y c) número de inmaduros y adultos a los 78 días. Los análisis de varianza para esta variable, se hicieron con los valores transformados a logaritmo de X+1.

En virtud de que en los análisis de varianza aplicados para cada variable no fueron significativos, las comparaciones de medias no fueron necesarias. Los resultados se reportan en el Cuadro 2 del próximo capítulo, con los totales

originales de cada variable. La decisión, para seleccionar los árboles más prometedores para hacer una segunda prueba, se realizó con los datos de los conteos a los 33 y 78 días.

### 3.2 Segundo Experimento

En este estudio se probaron cuatro árboles de nim sobresalientes del primer experimento, en tres dosis de polvo de hoja para el control de insectos.

Se colectaron hojas de los árboles de nim: L-2, P-2, M-2 y M-6. El recorrido para la colecta, se realizó del 5 al 7 de Febrero de 1993. La metodología general fue similar a la del primer estudio. Se usaron los materiales y métodos descritos anteriormente en cuanto a las unidades experimentales, forma de aplicación de tratamientos, e infestación, hasta la instalación de este experimento el 4 de Abril de 1993.

Se utilizó un arreglo factorial con tres dosis de los cuatro árboles seleccionados y se incluyó un testigo sin aplicación de polvo de hoja. Las dosis fueron 2, 4 y 6% (peso x peso) de polvo de hoja. Los 13 tratamientos fueron distribuidos bajo un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones.

El modelo estadístico del diseño experimental fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \theta_j + \delta_k + (\beta\theta)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Observación de la  $j$ -ésima planta, en la  $k$ -ésima dosis del  $i$ -ésimo bloque

$\mu$  = Media verdadera general

$\beta_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo bloque

$\theta_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima planta

$\delta_k$  = Efecto de la  $k$ -ésima dosis

$(\theta\delta)_{jk}$  = Efecto de la interacción de la  $j$ -ésima planta con  
la  $k$ -ésima dosis

$\epsilon_{ijk}$  = Es el error experimental de la  $ijk$ -ésima observación

Los conteos para evaluar el efecto de los tratamientos, se realizaron como se hicieron en el primer experimento y para las mismas variables. Las transformaciones y ponderaciones de los datos, también se hicieron de la misma manera. Sin embargo, en este caso se hicieron dos distintos análisis de varianza para cada variable. Primero se hizo un análisis de varianza en bloques al azar con los 13 tratamientos (incluyendo al testigo). Luego se hizo un análisis particionando la suma de cuadrados de tratamientos en las siguientes fuentes de variación: árboles (3 grados de libertad [g.l.]), dosis (2 g.l.), interacción (6 g.l.) y testigo vs otros tratamientos (1 g.l.). Adicionalmente se corrieron análisis de varianza por polinomios ortogonales para observar la tendencia de las dosis en los árboles.

Se hicieron comparaciones de medias para las variables que resultaron con diferencias significativas en el análisis de varianza. El método utilizado fue el de la Diferencia Mínima Significativa al nivel de 5%, aplicado con el programa estadístico de Olivares (1991).

Los resultados se reportan en cuadros con las medias de los factores estudiados. Las tendencias de las dosis en los árboles, se reportaron en figuras.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se presentan y discuten los resultados obtenidos en cada prueba. Los datos y las comparaciones de medias se exhiben en cuadros aquí y en el Apéndice se localizan los análisis de varianza correspondientes.

##### 4.1 Primer Experimento

Los análisis de varianza de las variables estudiadas en esta prueba, no arrojaron diferencias significativas, por lo que se concluye que no hubo efecto del polvo de hoja de nim al 2% sobre *Tribolium castaneum* en maíz.

Los porcentajes de mortalidad en todos los tratamientos, fueron bastante bajos; así mismo, las poblaciones que se desarrollaron dentro de las unidades experimentales, fueron iguales entre sí y al testigo. Los resultados originales de los conteos para las variables en estudio están en el Cuadro 2. Los valores de: suma de cuadrados, cuadrado medio del error, F calculada, y coeficiente de variación para cada una de las variables estudiadas, se encuentran en el Cuadro A1 del Apéndice.

A pesar de no haberse encontrado diferencias estadísticas entre los árboles en ninguna de las variables estudiadas, se tomó la decisión de seleccionar para un segundo experimento a aquellos que al considerar en conjunto todos los factores medidos, mostraran una tendencia general de reducir la población de *T. castaneum*. Los árboles identificados como L-2, P-2, M-1 y M-3, fueron los que presentaron esta tendencia. En éstos se tuvieron las mortalidades más altas a los 3 y 15 días de infestadas las unidades y las menores poblaciones de insectos emergidos a los 33 y 78 días. Por dicho motivo, estos árboles fueron seleccionados para probar dosis mayores.

Cuadro 2. Número de *T. castaneum* en cuatro repeticiones de 120 g de maíz tratado con polvo de hoja de diferentes árboles de nim al 2% (peso x peso) y en el testigo; se infestó con 20 individuos que se retiraron 15 días después.

Arbol	Mort. 3 D	Mort. 15 D	Pob. F <sub>1</sub> 15 D	Pob. F <sub>1</sub> 33 D	Mort. F <sub>1</sub> 33 D	Pob. F <sub>1</sub> 78 D	Mort. F <sub>1</sub> 78 D	Pob. T 78 D
L-1	2	4	8	62	0	95	14	112
L-2	2	5	2	58	1	98	2	102
MM-1	1	2	7	61	6	78	4	92
P-1	1	2	6	62	2	105	2	125
P-2	2	4	5	51	5	79	0	94
P-3	1	1	10	58	0	90	4	109
H-1	0	0	2	51	1	95	7	107
H-2	2	3	7	81	0	131	2	166
H-3	0	2	9	66	2	141	1	185
M-1	3	7	3	49	0	81	1	96
M-2	0	1	8	110	1	120	2	149
M-3	1	3	4	39	0	61	2	85
M-4	3	4	8	126	4	171	6	181
M-5	0	2	3	74	4	112	0	147
M-6	0	4	3	55	1	83	2	100
M-7	2	4	6	61	1	164	2	183
M-8	3	3	3	47	0	82	2	101
M-9	0	1	6	65	1	104	2	170
M-10	1	1	7	50	1	95	0	198
Testigo	0	0	22	82	0	90	0	148

- 1/ Mort. 3 D: número de adultos introducidos muertos, a los 3 días.  
 Mort. 15 D: número de adultos introducidos muertos, a los 15 días.  
 Pob. F<sub>1</sub> 15 D: número de inmaduros de la F<sub>1</sub> vivos y muertos, a los 15 días.  
 Pob. F<sub>1</sub> 33 D: número de inmaduros de la F<sub>1</sub> vivos y muertos, a los 33 días.  
 Mort. F<sub>1</sub> 33 D: número de inmaduros de la F<sub>1</sub> muertos, a los 33 días.  
 Pob. F<sub>1</sub> 78 D: número de adultos de F<sub>1</sub> vivos y muertos, a los 78 días.  
 Mort. F<sub>1</sub> 78 D: número de adultos de F<sub>1</sub> muertos, a los 78 días.  
 Pob. T 78 D: número de inmaduros y adultos vivos y muertos a los 78 días.

#### 4.2 Segundo Experimento

Los efectos antagónicos sobre *Tribolium castaneum* de polvo de hojas aplicado a grano de maíz en tres dosis diferentes de los cuatro árboles de nim seleccionados en el primer experimento, se presentan a continuación.

Los promedios retransformados a valores originales sobre mortalidad a los 3 y 15 días de los adultos de *T. castaneum* introducidos a maíz tratado con polvo de hoja de nim y al testigo sin tratar, se presentan en el Cuadro 3. No se

corrigió la mortalidad con la fórmula de Abbott para ninguna de las fechas, ya que no la hubo en el testigo.

Cuadro 3. Promedios retransformados de porcentajes de mortalidad de adultos introducidos de *T. castaneum* en maíz tratado con polvo de hoja de nim y en el testigo sin tratar, a los 3 y 15 días de la infestación.

Arbol	Dosis (%)	Mortalidad (%) <u>1/</u> <u>2/</u>	
		3 días	15 días
L-2	2.0	1.25 a	2.82 a
	4.0	3.67 a	3.67 a
	6.0	3.67 a	* 8.72 a
P-2	2.0	2.82 b	4.42 b
	4.0	* 9.40 a	* 13.50 a
	6.0	1.96 b	4.42 b
M-1	2.0	4.81 a	* 7.30 a
	4.0	2.68 a	3.67 a
	6.0	1.96 a	1.96 a
M-3	2.0	1.96 a	1.96 b
	4.0	1.25 a	1.25 b
	6.0	4.42 a	* 10.14 a
Testigo		1.25	1.25

1/ En cada columna, las medias con un asterisco (\*) son diferentes al testigo sin tratar al nivel de significancia de 0.05, según el método de DMS.

2/ En cada columna, y para cada planta, las medias con la misma letra no son diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05, según el método de DMS.

El análisis de varianza de la mortalidad de adultos a los 3 días, particionando la suma de cuadrados de tratamientos en sus componentes (Cuadro A2), señaló que el testigo sin tratar no fue diferente al promedio de los tratamientos con polvo de nim. Sin embargo, en el análisis general en bloques al azar, uno de los árboles (P-2) a la dosis de 4%, resultó significativamente diferente al testigo (Cuadro 3).

En la variable mortalidad de adultos a los 15 días, si hubo diferencia significativa entre el testigo y el promedio de los tratamientos con polvo de nim (Cuadro A3). Los cuatro tratamientos individuales que tuvieron significativamente

mayor mortalidad que el testigo fueron: L-2 al 6%, P-2 al 4%, M-1 al 2%, y M-3 al 6% (Cuadro 3).

Se comparó el efecto de las dosis en cada uno de los árboles para los conteos a los 3 y 15 días, pues se presentó interacción entre estos factores. El análisis mostró que la dosis de 4% del árbol P-2 causó significativamente mayor mortalidad que las otras dos dosis en ambas fechas. En el conteo de los 15 días, lo mismo ocurrió con la dosis de 6% del árbol M-3 (Cuadro 3).

De acuerdo a los análisis de polinomios ortogonales, en el conteo a los tres días sólo en el árbol P-2 se encontró significancia (Cuadro A11): los datos se ajustaron a un modelo cuadrático, corroborando la igualdad entre las dosis de 2 y 6% reportada más arriba (Fig. 1).

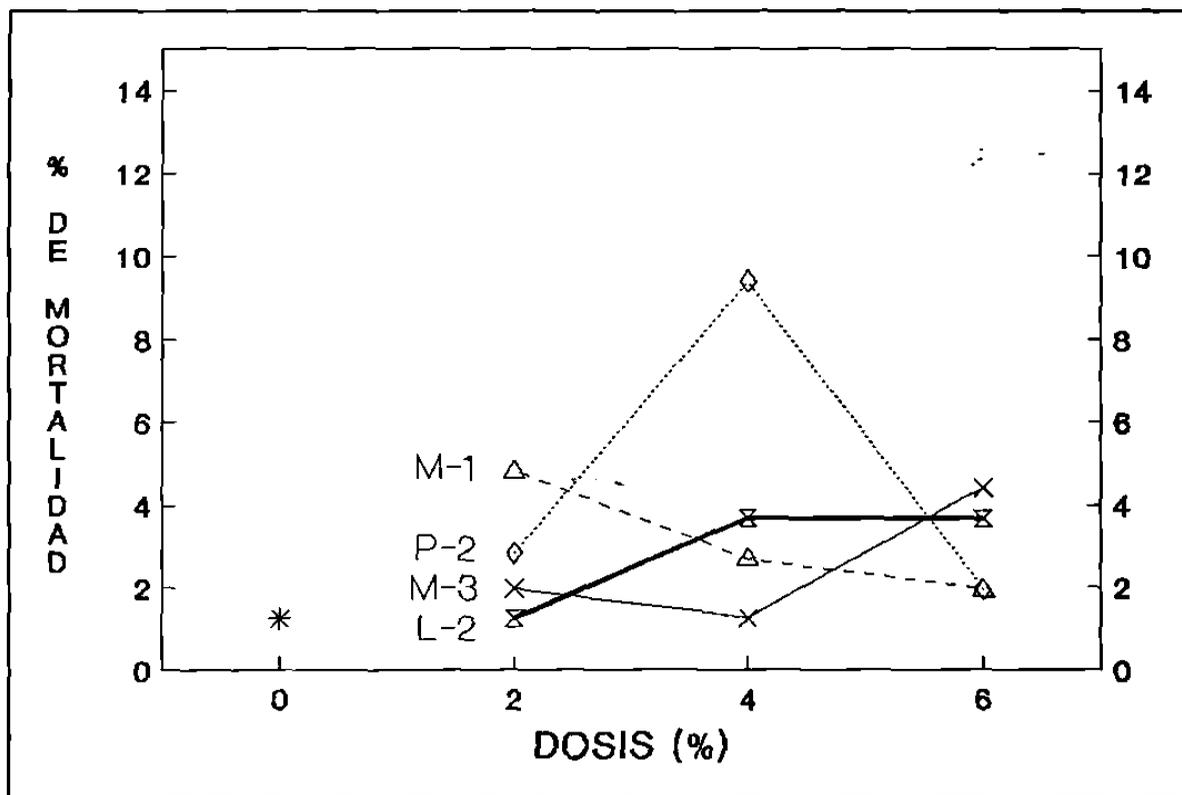


Fig. 1. Promedios retransformados de mortalidad de adultos de *T. castaneum* en maíz tratado con polvo de hoja de nim a los 3 días después de infestado.

En el conteo a los 15 días, el efecto de las dosis en el árbol P-2 también se ajustó a una curva cuadrática (Cuadro A12). En el árbol M-3, los efectos lineal y cuadrático fueron significativos (Cuadro A13, Fig. 2).

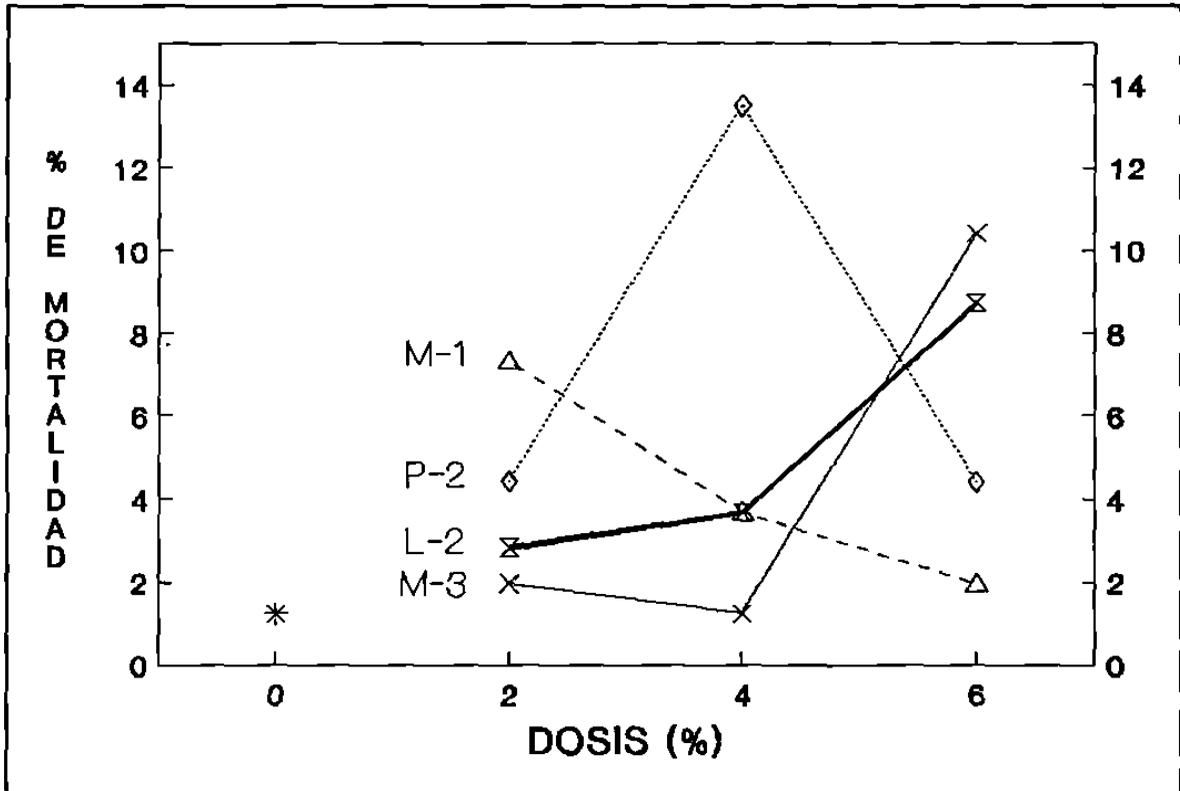


Fig. 2. Promedios retransformados de mortalidad de adultos de *T. castaneum* en maíz tratado con polvo de hoja de nim a los 15 días después de infestado.

Estos resultados tan variables no son conclusivos en forma particular, pues no se manifestó una tendencia de incremento de mortalidad al incrementarse la dosis de polvo de nim. No puede decirse que quedó corroborado el resultado de la primera prueba, en cuanto a que la dosis baja de 2% no tiene un efecto letal sobre adultos de *T. castaneum*, pues esta dosis si causó mortalidad significativa en algunos casos. Además, se probó que el polvo de hoja de nim en dosis de 4 y 6% efectivamente son causa de mortalidad de adultos de *T. castaneum* con 15 días de exposición.

En cuanto a la mortalidad de los insectos nacidos en los tratamientos, se presentan en el Cuadro 4 los datos recopilados a los 33 y 78 días de iniciado el experimento. Los datos de los análisis están en los Cuadros A4, A5, A6, A17 y A18. No se corrigió la mortalidad con la fórmula de Abbott para ninguna de las fechas ya que no la hubo en el testigo; sin embargo, debido a que se presentaron porcentajes de 0 y cercanos a 100 en los tratamientos, se ponderaron los datos como lo sugiere Bartlett (citado por Snedecor y Cochran 1971).

Cuadro 4. Promedios retransformados de porcentaje de mortalidad de individuos de *T. castaneum* nacidos en maíz tratado con polvo de hoja de nim, a los 33 y 78 días después de infestado.<sup>1/</sup>

Arbol	Dosis (%)	Mortalidad (%)		
		Inmaduros de F <sub>1</sub> en 33 días <sup>2/</sup>	Adultos de F <sub>1</sub> en 78 días	Inmaduros y adultos en 78 días
L-2	2.0	2.23a	*88.40	*74.32
	4.0	0.00 b	*84.15	*83.03
	6.0	0.22 b	*73.36	*71.03
P-2	2.0	0.05a	*77.00	*77.80
	4.0	1.10a	*51.78	*51.63
	6.0	0.06a	*85.33	*87.55
M-1	2.0	0.04a	*86.05	*87.49
	4.0	0.00a	*85.20	*85.13
	6.0	0.28a	*77.72	*78.98
M-3	2.0	0.31a	*79.33	*79.33
	4.0	0.15a	*67.61	*68.39
	6.0	0.19a	*73.28	*73.52
Testigo		0.35	0.33	0.00

<sup>1/</sup> En cada columna, las medias con un asterisco (\*) son diferentes al testigo sin tratar al nivel de significancia de 0.05, según el método de DMS.

<sup>2/</sup> En esta columna, y para cada planta, las medias con la misma letra no son diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05, según el método de DMS. En las otras dos columnas no hubo interacción.

La mortalidad fue mínima (media de 0.39%) en los inmaduros de la F<sub>1</sub> a los 33 días; no hubo diferencia estadística del promedio de tratamientos con el testigo (Cuadro A4). Al presentarse interacción árbol-dosis, se compararon los efectos individualmente y se encontró que sólo en el árbol L-2 existieron

diferencias significativas entre las medias de dosis, siendo extrañamente la de 2% la que causó mayor mortalidad. El análisis por polinomios ortogonales mostró que los datos en L-2 se ajustaron al modelo lineal y cuadrático; mientras que los de P-2 fueron cuadráticos.

A los 78 días, la mortalidad en los tratamientos con polvo de hoja de nim fue notablemente grande. En los adultos de la  $F_1$  en el maíz tratado con polvo de hoja de nim, la media de mortalidad fue 77.43%, con un rango de 51.78 a 88.40%. En la suma de todos los individuos (adultos y algunos inmaduros de  $F_1$ ,  $F_2$ , etc.) a los 78 días, la media de mortalidad fue de 76.52%, con un rango de 51.63 y 87.55%. La comparación del testigo contra el promedio de las unidades tratadas con nim, mediante la partición de la suma de cuadrados (Cuadro.A5 y A6), fue significativa en las dos variables; incluso en el análisis general, cada uno de los tratamientos fue diferente al testigo (Cuadro 4).

La apariencia de los adultos muertos no reflejaba en forma notoria un efecto de deformación por acción hormonal; sólo se observó una decoloración general y una retracción y aplastamiento del abdomen.

No hubieron diferencias estadísticas entre árboles ni dosis; de hecho, los valores para los tratamientos de nim fueron todos muy parecidos entre sí.

En cuanto al crecimiento de las poblaciones, los resultados sobre el número de individuos presentes en los tratamientos a lo largo del experimento se presentan en el Cuadro 5. Se decidió observar esta variable, que incluye como "total" a los insectos vivos y muertos, como un índice del potencial de reproducción de *T. castaneum*; pues aunque estuvieran muertos, los individuos presentes nacieron y crecieron por un tiempo en el grano con polvo de nim. Para mostrar el tamaño realmente activo de la población, se calculó el número de insectos vivos en cada tratamiento en base a la mortalidad retransformada (Cuadro 4) y se incluyeron los datos en el Cuadro 5.

Ningún tratamiento individual ni el promedio de los tratamientos con polvo de hoja de nim fue diferente al testigo en cuanto al número total de inmaduros nacidos, en los conteos a los 15 y 33 días (Cuadro A7 y A8). El testigo tenía a los 15 días 36.37 nuevos insectos y el promedio de los tratamientos de nim fue 36.66; a los 33 días, los valores fueron 43.67 en el testigo y 54.61 en los tratamientos. Todos los individuos a los 15 días y casi todos a los 33 días estaban vivos. Es notorio que los tratamientos de nim no redujeron: la oviposición, la eclosión de huevecillos, ni las fases inmaduras. Las colonias se desarrollaban normalmente hasta los 33 días de la prueba.

Cuadro 5. Promedios retransformados del número de *T. castaneum* nacidos en maíz tratado con polvo de hoja de nim, a los 15, 33 y 78 días después de infestado.<sup>1/</sup> El cálculo del número de individuos vivos en cada tratamiento se hizo con los porcentajes de mortalidad del Cuadro 4.

Arbol	Dosis (%)	Inmaduros de F <sub>1</sub> en 15 días <sup>2/</sup>		Inmaduros de F <sub>1</sub> en 33 días		Adultos de F <sub>1</sub> en 78 días		Inmaduros y adultos en 78 días	
		Total (vivos)	Total	Vivos	Total	Vivos	Total	Vivos	
L-2	2.0	32.88a	27.67	27.05	* 4.75	0.55	* 7.61	1.95	
	4.0	60.31 b	81.22	81.22	31.92	5.06	34.69	5.89	
	6.0	31.17a	41.90	41.81	22.44	5.98	23.13	6.70	
P-2	2.0	33.47a	49.12	49.09	21.39	4.92	23.41	5.20	
	4.0	26.86a	33.47	33.10	18.27	8.81	*18.50	8.95	
	6.0	32.88a	71.44	71.40	19.07	2.80	*22.99	2.86	
M-1	2.0	31.17a	51.78	51.76	* 9.17	1.28	*10.22	1.28	
	4.0	54.91a	69.39	69.39	*17.51	2.59	*18.16	2.70	
	6.0	31.73a	57.21	57.05	22.17	4.94	24.70	5.19	
M-3	2.0	53.64 b	68.18	67.97	18.27	3.78	*18.27	3.78	
	4.0	27.67a	59.25	59.16	25.30	8.19	26.38	8.34	
	6.0	23.27a	44.70	44.61	23.41	6.25	23.97	6.35	
Testigo		36.37	43.67	43.52	45.50	45.35	77.98	77.98	

<sup>1/</sup> En cada columna, las medias con un asterisco (\*) son diferentes al testigo sin tratar al nivel de significancia de 0.05, según el método de DMS.

<sup>2/</sup> En esta columna, y para cada planta, las medias con la misma letra no son diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05, según el método de DMS. En las otras tres columnas no hubo interacción.

Se comparó el efecto de las dosis en cada uno de los árboles para la variable inmaduros de  $F_1$  en 15 días, pues se presentó interacción en estos factores (Cuadro A7). El análisis mostró que las dosis 2 y 6% del árbol L-2, tenían significativamente menos insectos que la de 4%. En los árboles P-2 y M-1 no hubo diferencias. En el árbol M-3 las dosis de 4 y 6% tuvieron menos insectos que la de 2% (Cuadro 5). Los análisis de polinomios ortogonales señalaron relaciones cuadráticas significativas para L-2 y M-1 y una relación lineal para M-3 (Cuadros A14, A15 y A16). Como puede observarse, no hubo evidencia clara de mayor reducción poblacional al incrementarse la dosis.

A los 78 días, el testigo fue diferente a los tratamientos con nim, tanto en la variable de adultos de la  $F_1$ , como en la del total de insectos (Cuadros A9 y A10). En forma individual, resultaron con un número significativamente menor de adultos que el testigo los tratamientos L-2 al 2% y M-1 al 2 y 4%, para la variable adultos de la  $F_1$ . Considerando la población total de insectos, los tratamientos L-2 al 2%, P-2 al 4 y 6 %, M-1 al 2 y 4%, y M-3 al 2%, tuvieron una población más pequeña estadísticamente que el testigo sin tratar.

Los análisis factoriales también mostraron diferencias significativas entre las dosis en las variables: adultos de la  $F_1$  a los 78 días, y total de insectos a los 78 días. No hubo interacción árbol-dosis. La comparación de los promedios de las dosis en ambas variables en el conteo a los 78 días, arrojó un resultado no esperado: la dosis baja de 2% de polvo tenía significativamente menos insectos que las dosis de 4 y 6%; las dosis altas fueron iguales entre sí.

## 5. CONCLUSIONES

Se puede concluir lo siguiente:

1.- Los diversos árboles seleccionados para las pruebas no mostraron diferencias entre sí en cuanto a su efecto antagónico sobre *T. castaneum*.

2.- En general, el incremento de la dosis de polvo de nim de 2 a 6%, no produjo un incremento de mortalidad.

3.- Las dosis de 4 y 6% (peso x peso) de polvo de hojas de nim fueron en varios casos mejores para controlar *T. castaneum* que la de 2%; sin embargo, la definición no fue clara, pues en varios casos ésta fue incluso superior a las dosis mayores.

3.- Se registraron mortalidades de 7.30 a 13.5% de los adultos introducidos expuestos al polvo de hoja de nim, en el conteo a los 15 días; éstas fueron diferentes a la del testigo sin tratar.

4.- El polvo de hoja de nim no afectó la oviposición, ni la eclosión de huevecillos, pues a los 15 días de la introducción de adultos la producción de inmaduros era igual en el testigo (36.37) que en los tratamientos con nim (36.66); todos estaban vivos.

5.- La mortalidad de los estados inmaduros nacidos en los tratamientos fue nula. Todavía a los 33 días del inicio de la prueba, el testigo y las unidades tratadas con polvo de hoja de nim tenían el mismo tamaño de población (43.7 vs 54.6).

6.- Una alta mortalidad (rango de 51.8 a 88.4, media de 77.4%) se registró a los 78 días en los adultos que emergieron de los inmaduros que se criaron en las unidades tratadas con polvo de nim. La población promedio en las unidades tratadas con polvo de hoja de nim era de apenas 5.6 adultos vivos, mientras que en el testigo habían 45.3 adultos a los 78 días.

## 6. LITERATURA CITADA

- Ahmed, A., P. Sultana and A. Ahmed. 1980. Comparative efficacy of some indigenous plant materials as repellents against *Sitophilus oryzae*. *Bangladesh J. Agri. Res.* 5(2):31-35.
- Ahmed, A., W.C. Mitchell and R. Saxena. 1984. Renewable resource utilization for agriculture and rural development and protection: use of indigenous plant materials for pest control by limited-resource farmers. Planning Workshop. *Int. Rice Res. Inst. Los Baños, Philippines.* 32 pp.
- Ahmed, A. and M. Grainge. 1985. The use of indigenous plant resources in rural development. *Int. J. for Development Tecnology.* 3:123-130.
- Ahmed, A. and M. Grainge. 1986. Potential of the neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) for pest control and rural development. *Econ. Bot.* 40(2):201-209.
- Akou-Edi, D. 1983. Effects of neem seed powder and oil on *Tribolium confusum* and *Sitophilus zeamais*. *Proc. 2nd Int. Neem Conf., Rauschholzausen,* pp. 445-452.
- Ali, S.I., O.P. Singh and U.S. Misra. 1983. Effectiveness of plant oils against pulse beetle *Callosobruchus chinensis* Linn. *Indian J. Entomol.,* 45(1):6-9.
- Ambika, B., C.C. Abraham and T. Nalinakumari. 1981. Effect of neem leaf extract and two JH analogues on the development of *Callosobruchus chinensis* Linn. (Coleoptera:Bruchidae). *Agri. Res. J. Kerala,* 19(1):72-75.
- Anónimo. 1987. El utilísimo neem. *Agric. de las Américas.* Año 36, No. 3., pp. 28, 30, 31, 34.
- Attri, B.S. and R. Prasad. 1980. Studies on the pesticidal value of neem oil by-products. *Pestology,* IV(3):16-20.
- Atwal, A.S. and G.S. Sandhu. 1970. Preliminary studies on the efficacy of some vegetable and inert dusts as grain protectants. *J. Research, Punjab Agricultural University,* 7(1):52-54.
- Bains, S.S., G.S. Battu and A.S. Atwal. 1977. Effect of powdered neem (*Azadirachta indica* A. Juss) material on diapause larvae and the population build-up of *Trogoderma granarium* Everts infesting stored wheat. *Indian J. of Plant Protec.,* 4(2):192-196.
- Bailey, L.H. 1977. *Manual of Cultivated Plants.* Mc Millan Publishing Co., Inc. New York. pp. 612-613.
- Cremllyn, R. 1982. *Plaguicidas Modernos y su Acción Bioquímica.* Limusa, México. p. 63.
- Dobie, P., C.P. Haines, R.J. Hodges, P.F. Pevett and D.P. Ress. 1991. *Insects and Arachnids of Tropical Stored Products: Their Biology and Identification.* 2<sup>nd</sup> Edition. Revised and Edited by C.P. Haines. National Resources Institute. Orveseas Dev. Adm. Kent, U.K. pp. 73-74.
- Dreyer, M. 1986. Results of field and laboratory trials with simple products as protectants against pests of vegetables and field crops in Togo. *Proc. 3rd Int. Neem Conf., Nairobi, Kenya,* p. 54.
- Dreyer, M and C. Hellpap. 1992. Neem: a promising natural insecticide for small scale vegetable production in tropical and subtropical countries. *Plant Res. Dev.,* 36:7-18.

- Ediz, S.H. and G.R.F. Davis. 1980. Repellency of rapeseed extracts to adults of *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Coleoptera:Tenebrionidae). *The Canadian Entomologist*, 112:971-974.
- Freeman, P. 1980. Common Insect Pests of Stored Food Products. A Guide to Their Identification. 6th Edition. British Museum Natural History. Economic Series, No. 15. London. pp. 41-44.
- Golob, P. and D.J. Webley. 1980. The use of plants and minerals as traditional protectans of stored products. *Tropical Prod. Inst.*, London. pp. 1-31.
- Grant, I.F. 1986. Effects of aqueous neem kernel extracts on Ostracod (Class Crustacea) development and population density in lowland rice fields. *Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Neem Conf.*, Nairobi, Kenya, p. 63.
- Gundurao, H.R. and S.K. Majumder. 1966. Repellency of *Kaempferia galanga* Linn. (Zingiberaceae) to adults of *Tribolium castaneum* (Hbst.). *Science and Culture*, 32(9):461-462.
- Harris, K.L. and C.J. Lindblad. 1978. Postharvest Grain Loss Assessment Methods. American Association of Cereal Chemist, St. Paul, Minnesota. 193 pp.
- Heyde, V.D.J., R.C. Saxena and H.S. Schmutterer. 1983. Neem oil and neem extracts as potential insecticides for control of hemipterous rice pests. *Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Neem Conf.*, Rauischholzhausen, pp. 377-390.
- Heyde, V.D.J., R.C. Saxena and H.S. Schmutterer. 1985. Effects of neem derivates on growth and fecundity of the rice pest *Nephotettix virescens* (Homoptera:Cicadellidae). *J. of Plant Dis. and Proc.*, 92(4):346-354.
- Indian Agricultural Research Institute (I.A.R.I.). 1983. Neem in agriculture: I chemistry of neem bitter principles. *Res. Bull.* 40: 15 p.
- International Rice Research Institute (I.R.R.I.). 1982. Neem tree may be source of safe insecticides. *The IRRI Reporter*, 2/82. 4 p.
- Islam, B.N. 1983. Pesticidal action of neem and certain indigenous plants and weeds of Bangladesh. *Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Neem Conf.*, Rauischholzhausen, pp. 263-290.
- Ivbijaro, M.F. 1983a. Preservation of cowpea, *Vigna unguiculata* (L) Walp, with the neem seed, *Azadirachta indica* A. Juss. *Prot. Ecol.*, 5:177-182.
- Ivbijaro, M.F. 1983b. Toxity of neem seed, *Azadirachta indica* A. Juss, to *Sitophilus oryzae* (L.) in stored maize. *Prot. Ecol.*, 5:353-357.
- Jacobson, M. 1982. Plants, insects, and man- their interrelationships. *Econ. Bot.*, 36(3):346-354
- Jacobson, M., J.B. Stokes, J.D. Warthen Jr., R.E. Redfern, D.K. Reed, R.E. Webb and L. Telek. 1983. Neem research in the U.S. Department of Agriculture: an update. *Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Neem Conf.*, Rauischholzhausen, pp. 31-42.
- Jacobson, M. 1986. The Neem Tree: Natural resistance par Excellence. In: *Natural Resistance of Plants to Pest: Roles of Allelochemicals*, Green, M.B. and Hedin, P.A., Eds., Als Symposium Series No. 296. American Chemical Society; Washington, D.C. pp. 220-232.
- Jilani, G. 1984. Use of Botanical Materials for Protection of Stored Food grains Against Insect Pests- A Review. *Research Planning Workshop on Botanical Pest Control Project*. IRRI, Los Baños, Philippines, 30 pp.

- Jilani, G. and H.S. Haq. 1984. Studies on some indigenous plant materials as grain protectants against insect pests of stored grain. *Pak. Entomol.*, 6(1-2):24-26.
- Jilani, G. and H.C.F. Su. 1983. Laboratory studies on several plant materials as insect repellants for protection of cereal grains. *J. Econ. Entomol.*, 76:154-157.
- Jilani, G. and R.C. Saxena. 1990. Repellent and feeding deterrent effects of turmeric oil, sweetflag oil, neem oil, and neem-based insecticide against lesser grain borer (Coleoptera:Bostrichidae). *J. Econ. Entomol.*, 83(2):629-634.
- Jotwani, M.G. and P. Sircar. 1965. Neem seed as a protectant against stored grain pests infesting wheat seed. *Indian J. Entomol.*, 27:160-164.
- Jotwani, M.G. and P. Sircar. 1967. Neem seed as a protectant against bruchid *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) infesting some leguminous seeds. *Indian J. Entomol.*, 29(1):21-24
- Jotwani, M.G. and K.P. Srivastava. 1983. A review of neem research in India in relation to insects. Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Neem Conf., Rauschholzhausen, Germany, pp. 43-56.
- Kareem, A.A., M.E.M. Boncodin and R.C. Saxena. 1988a. Neem kernel or neem cake powder and carbofuran granule for controlling green leafhopper (GLH) and rice tungro virus (RTV). *Int. Rice Res. Newsletter, IRRN*, 13(3):35.
- Kareem, A.A., R.C. Saxena and E.L. Palanginan. 1988b. Effect of neem seed bitters (NSB) and neem seed kernel extract (NSKE) on pest of mungbean following rice. *Int Rice Res. Newsletter, IRRN*, 13(6):41-42.
- Kareem, A.A., R.C. Saxena, M.E.M. Boncodin and M.T. Malayba. 1989a. Effect of neem seed and leaf bitters on oviposition and development green leafhopper (GLH) and brown planthopper (BPH). *Int. Rice Res. Newsletter, IRRN*, 14(6):26-27.
- Kareem, A.A., R.C. Saxena, M.E.M. Boncodin, V. Krishnasamy and D.V. Seshu. 1989b. Neem as seed treatment for rice before sowing: effects on two homopterous insects and seedling vigor. *J. Econ Entomol.*, 82(4):1219-1223.
- Karel, A.K. 1989. Respose of *Ootheca benignis* (Coleoptera:Chrysomelidae) to extracts from neem. *J. Econ. Entomol.*, 82(6):1799-1803.
- Ketkar, C.M. 1976a. Modified neem cake manurial project, utilisation of neem (*Azadirachta indica*) and its by-products: Bombay, India: Khadi and Village Industries Commission.
- Ketkar, C.M. 1976b. Utilization of neem (*Azadirachta indica*) and its by-products. Directorat of Non-Edible Oil and Soap Industry. Khadi and Village Industries Commission. Pune, India.
- Ketkar, C.M. 1983. Experiments for increase the nitrogen efficiency in urea for the use of neem tree subproducts in Indians soils. Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Neem Conf., Rauschholzhausen, p. 46.
- Ketkar, C.M. 1986. Use of tree-borne non-edible oils like neem, karanja, undi, sal and kusum as surface protectants for stored cowpea seed against *Callosobruchus maculatus* and for green gram against *C. chinensis*. Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Neem Conf., Nairobi, Kenya, p. 57.

- Khan, M. and S.W. Wassilew. 1986. The Effect of raw material of the neem tree, neem oils, and neem extracts on fungi pathogenic to humans. Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Neem Conf., Nairobi, Kenya, p. 65.
- Kilonzo, B.S. 1991. Larvicidal effects of neem, *Azadirachta indica* on fleas in Tanzania. Insect Sci. Applic., 12(5/6):699-702.
- Kirsch, K. 1986. Studies on the efficacy of neem extracts in controlling mayor insect pests of tobacco and cabbage in the Philippines. Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Neem Conf., Nairobi, Kenya, p. 53.
- Koul, O., M.B. Isman and C.M. Ketkar. 1990. Properties and uses of neem, *Azadirachta indica*. Can. J. Bot., 68:1-11.
- Kraus, W., S. Baumann, M. Bokel, U Keller, A. Klenk, M. Klingele, H. Pöhl and M. Schwinger. 1986. Chemistry, insect feeding and development control by constituents of *Melia azedarach* and *Azadirachta indica*. Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Neem Conf., Nairobi, Kenya, p. 21.
- Ladd Jr., T.L., M. Jacobson and C.R. Buriff. 1978. Japanese beetles: extracts from neem tree seeds as feeding deterrents. J. Econ. Entomol., 71:810-813.
- Lal, S.D. and B.K. Yadav. 1983. Folk medicines of Kurukshetra District (Haryana), India. Econ. Bot., 37(3):299-305.
- Larew, H., J.J. Knodel-Montz, R.E. Webb and J.D. Warthen. 1985. *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera:Agromyzidae) control on chrysanthemum by neem seed extract applied to soil. J. Econ. Entomol., 78:80-84.
- Legorreta Millan, D. 1993. Control de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera:Bruchidae) con tres plantas insecticidas en frijol almacenado. Fac. de Agronomía, UANL. Tesis de Licenciatura. Marín, N.L. 56 p.
- Leos-Martínez, J. y R. Salazar-Saéñz. 1990. Importación y diseminación del árbol insecticida neem (*Azadirachta indica* A. Juss) en México. En: Memorias del II Simposio Nacional sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. Sociedad Mexicana de Entomología, XXV Cong. Nal. Entom. Oaxaca, Oax., pp. 106-127.
- Lewis, W.H. and M.P.F. Elvin-Lewis. 1983. Neem (*Azadirachta indica*) cultivated in Haiti. Econ. Bot., 37(1):69-70.
- Lindblad, C. y L. Druben. 1979. Almacenamiento de Grano. Manejo, Secado, Silos, Control de Insectos y Roedores. Trad. Javier Jiménez Ortega. Edit. Concepto, S.A., México, p. 143.
- López Sánchez, V. 1991. Especies vegetales del noreste de México para el control del gorgojo *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera:Curculionidae) en maíz almacenado. Fac. de Agronomía, UANL. Tesis de Maestría en Ciencias. Marín, N.L., 73 p.
- Lloyd, C.J. 1973. The toxicity of pyrethrins and five synthetic pyrethroids, to *Tribolium castaneum* (Herbst), and susceptible and pyrethrins resistant *Sitophilus granarius* (L.). J. Stored Prod. Res., 9:77-92.
- Maurer, G. 1983. Effect of a methanolic extract of neem seed kernels on the metamorphosis of *Ephestia kuehniella*. Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Neem Conf., Rauschholzhausen, pp. 365-376.
- Meisner, J. and K.R.S. Ascher. 1986. The influence of neem on the corn borers *Ostrinia nubilalis* and *Sesamia nonagroides*, and the leafminer *Liriomyza trifolii*. Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Neem Conf., Nairobi, Kenya, p. 49.

- Mishra, R.C. and J. Kumar. 1983. Evaluation of *Mentha piperita* L. oil as a fumigant against red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst). *Indian Perfumer*, 27(2):73-76.
- Morallo-Rejesus, B. and A. Decena. 1982. The activity, isolation, purification and identification of the insecticidal principles from *Tagetes*. *Philipp. J. Crop. Sci.*, 7(1):31-36.
- Narasimhan, V. and V. Mariappan. 1988. Effect of plant derivatives on green leafhopper (GLH) and rice tungro (RTV) transmission. *Int. Rice Res. Newsletter, I.R.R.N.*, 13(1):28-29.
- National Research Council, (N.R.C.). 1992. *Neem: A Tree For Solving Global Problems*. National Academy Press, Washington, D.C. 137 p.
- Olivares Sáenz, E. 1993. *Notas de Experimentación Agrícola y Pecuaria. Apuntes de Clase*. FAUANL. Marín, N.L. México.
- Pathak, P.H. and S.S. Krishna. 1985. Neem seed oil, a capable ingredient to check rice moth reproduction (Lepidoptera:Galleriidae): *Z. Angew. Entomol.*, 100:33-35.
- Paul, C.F., R.S. Dixit and P.N. Agarwal. 1963. Evaluation of the insecticidal properties of the seed oil leaf extract of the common Indian neem, *Azadirachta indica* Linn. *Science and Culture*, 29(8):412-413.
- Pradhan, P.K. and M. Jotwani. 1968. Neem as an insect deterrent. *Chemical Age of India*, 19(9):756-760.
- Qadri, S.S.H., G. Usha and K. Jabeen. 1984. Sub-acute dermal toxicity of Neemrich-100 (Tech) to Rats. *Int. Pest Control.*, 26(1):18-20.
- Radwanski, S. 1977a. *Neem Tree. 1: commercial potential, characteristics and distribution*. *World Crops and Livestock*, 29:62-66.
- Radwanski, S. 1977b. *Neem Tree. 2: uses and potential uses*. *World Crops and Livestock*, 29:111-113.
- Radwanski, S. 1977c. *Neem Tree. 3: further uses and potential uses*. *World Crops and Livestock*, 29-30:167-168.
- Radwanski, S. and G.E. Wickens. 1981. Vegetative fallows and potential value of neem tree *Azadirachta indica* in the tropics. *Econ. Botany*, 35(4):398-414.
- Ramaraju, K. and P.C. Sundara Babu. 1989. Effect of plant derivatives on brown planthopper (BPH) and whitebacked planthopper (WBPH) nymph emergence on rice. *Int. Rice Res. Newsletter, I.R.R.N.*, p. 30.
- Ramírez-Genel, M. 1966. *Almacenamiento y Conservación de Granos y Semillas*. 1a. Ed. C.E.C.S.A. México, pp. 169-171.
- Ramírez M., M. 1986. *Biología e identificación de insectos de granos almacenados*. En: *Manejo y Conservación de Granos y Semillas*. Programa Universitario de Alimentos. UNAM. pp. 130-131.
- Redfern, R.E., J.D. Warthen Jr., M. Jacobson and J.B. Stokes. 1984. Antifeedant potency of neem formulations. *J. Environ. Sci. Health*, A19(4):477-481.
- Sadre, N.L., V.X. Desphande, K.N. Mendulkar and D.H. Nandal. 1983. Male antifertility activity of *Azadirachta indica* in different species. *Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Neem Conf., Rauischholzhausen*, p. 43.

- Saim, N. and C.E. Meloan. 1986. Compounds from leaves of bay (*Laurus nobilis* L.) as repellents for *Tribolium castaneum* (Herbst) when added to wheat flour. *J. Stored Prod. Res.*, 22(3):141-144.
- Sankaram, A.V.B., M.M. Merthy, K. Bhaskaraiah, M. Subramanyam, N. Sultana, H.C. Sharma, K. Leuschner, G. Ramprasad, S. Sitaramaiah, C. Rukmini and P.U. Rao. 1986. Chemistry, biological activity and utilization aspects of some promising neem extractives. *Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Neem Conf.*, Nairobi, Kenya, p. 22.
- Santhi, S.R. and S.P. Palaniappan. 1987. Effect of neem leaf application on nitrogen efficiency in lowland rice. *Int. Rice Res. Newsletter, I.R.R.N.*, 12(1):29.
- Saramma, P.U. and A.M. Verma. 1971. Efficacy of some plant products and magnesium carbonate as protectants of wheat seed against attack of *Trogoderma granarium*. *Bul. of Grain Tech.*, 9(3):207-210.
- Saxena, B.P., O. Koul and K. Tikku. 1976. Non-toxic protectant against the stored grain insect pests. *Bull. of Grain Tech.*, 14(3):190-193.
- Saxena, B.P., K. Tikku, C.K. Atal and O. Koul. 1986. Insect antifertility and antifeedant allelochemicals in *Adhatoda vasica*. *Insect Sci. Applic.*, 7(4):489-493.
- Saxena, R.C. 1983. Naturally Occurring Pesticides and Their Potential. In: *Chemistry and World Food Supplies: The New Frontiers. CHEMRAWN II*, Manila, Philippines, Pergamon Press, Oxford, New York, N.Y., pp. 143-161.
- Saxena, R.C. 1987a. Antifeedants in tropical pest management. *Insect Sci. Applic.*, 7(4-6):731-736.
- Saxena, R.C. 1987b. Neem seed oil- a potential antifeedant against insect pests of rice. In R. Greenhalgh and T.R. Roberts (eds.): *Pesticide Science and Biotechnology. Int. Union of Pure and Appl. Chem.*, pp. 139-144.
- Saxena, R.C. 1989. Insecticides from neem. Entomology Department, *Int. Rice Res. Inst.*, Manila, Philippines. American Chemical Society, pp. 111-135.
- Saxena, R.C. and M.E.M. Boncodin. 1988a. Effect of neem seed bitters (NSB) on green leafhopper (GLH) survival and rice tungro virus (RTV) transmission. *Int. Rice Res. Newsletter, I.R.R.N.*, 13(1):25-26.
- Saxena, R.C. and M.E.M. Boncodin. 1988b. Effect of neem seed bitters (NSB) on green leafhopper (GLH) feeding. *Int. Rice Res. Newsletter, I.R.R.N.*, 13(1):27-28.
- Saxena, R.C., G. Jilani and A. Abdul Kareem. 1988. Effects of Neem on Stored Grain Insects. In: M. Jacobson (ed.). *Focus on Phytochemical Pesticides, Vol. 1: The Neem Tree*. CRC Press, Boca Raton, Fla, USA., pp. 97-111.
- Saxena, R.C., H.D. Justo Jr. and B. Epino. 1984. Evaluation and utilization of neem cake against the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera:Delphacidae). *J. Econ. Entomol.*, 77:502-507.
- Saxena, R.C., and Z.R. Khan. 1985a. Effect of neem oil on survival of *Nilaparvata lugens* (Homoptera:Delphacidae) and on grassy stunt and ragged stunt virus transmission. *J. Econ. Entomol.*, 78:647-651.
- Saxena, R.C., and Z.R. Khan. 1985b. Electronically recorder disturbances in feeding behavior of *Nephotettix virescens* (Homoptera:Cicadellidae) on neem oil-treated rice plants. *J. Econ. Entomol.*, 78:222-226.

- Saxena, R.C., N.J. Liquido and H.D. Justo. 1980a. Neem seed oil, a potential antifeedant for the control of the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. In: Natural Pesticides from the Neem Tree *Azadirachta indica* A. Juss. Proc. 1<sup>st</sup> Int. Neem Conf., W. Germany, pp. 171-188.
- Saxena, R.C., G.P. Waldbauer, N.J. Liquido and B.C. Puma. 1980b. Effects of neem seed oil on the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis*. In: Natural Pesticides from the Neem Tree (*Azadirachta indica* A. Juss). Proc. 1<sup>st</sup> Int. Neem Conf., W. Germany, pp. 189-204.
- Saxena, R.C., and R.S. Yadav. 1986. A preliminary laboratory evaluation of an extracts of leaves of *Delonix regia* Raf. as a disruptor of insect growth and development. Trop. Pest. Manag., 32(1):58-59.
- Schmutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. In: Annu. Rev. Entomol., 35:271-297.
- Schmutterer, H., R.C. Saxena and J. von der Heyde. 1983. Morphogenetic effects of some partially-purified fractions and methanolic extracts of neem seeds on *Mythima separata* (Walker) and *Cephalocrocis medinalis* (Guenée). Z. ang. Ent., 95:230:237.
- Schneider, B.H. 1986. The effect of neem leaf extracts on *Epilachna varivestis* and *Staphylococcus aureus*. Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Neem Conf., Nairobi, Kenya, p. 73.
- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1980. Principales Plagas de los Granos Almacenados. Dirección General de Sanidad Vegetal. SAM. México, pp. 9-10, 21-22.
- Sharma, R.H., A.S. Bhosale, V.N. Joshi, D.S. Hebbalkar, V.B. Tungikar, A.S. Gupta and S.A. Patwardhan. 1981. *Lavandula gibsonii*: A plant with insecticistatic potential. Phytoparasitica, 9(2):101-109.
- Singh, R.N. and S.S. Krishna. 1980. Effect of some common oilseeds and spices serving as adult food on the reproductive potential of *Tribolium castaneum* (Hbst.) (Coleoptera:Tenebrionidae). Entomon., 5(3):161-162.
- Snedecor, G.W. y W.G. Cochran. 1971. Métodos Estadísticos. 1<sup>a</sup> Edición en Español. C.E.C.S.A., México. pp. 405-408.
- Spilman, T.J. 1991. Darkling Beetles (Tenebrionidae, Coleoptera). Chapter 11. In: Insect and Mite Pests in Food, An Illustrated Key. Vol. 1. J. Richard Gorham Editor. Agric. Res. Ser. and U.S. Dep. Health an Human Ser. U.S. Dep. Agric. Handbook No. 655. Food and Drug. Adm. Washington, D.C. pp. 195-214.
- Tanzubil, P.B. 1991. Control of some insect pest of cowpea (*Vigna unguiculata*) with neem (*Azadirachta indica* A. Juss) in northern Ghana. Trop. Pest Mang., 37(3):216-217.
- Tirimanna, A.S.C. 1984. Surveying the chemical constituents of the neem leaf by two-dimensional thin layer chromatography. Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Neem Conf., Rauschholzhausen, p. 9.
- Warthen Jr., J.D., E.C. Uebel, S.R. Dutky, W.R. Lusby and H. Finegold. 1978a. Adult house fly feeding deterrent from neem seeds. U.S.D.A. Sci. and Educ. Agr. Res. Results. ARR-NE-2, 11 pp.
- Warthen Jr., J.D., R.E. Redfern, E.C. Uebel and G.D. Mills Jr. 1978b. An antifeedant for fall armyworm larvae from neem seeds. U.S.D.A. Sci. and Educ. Agr. Res. Results. ARR-NE-1, 9 pp.

- Washington International Center (W.I.C.) 1985. International exchange news. Neem: the pesticides tree, Vol. 30 (1). p. 5, 9 y 10.
- Zebitz, C.P.W. 1986. Effect of neem seed kernel extracts on mosquitoes. Proc. 3rd Int. Neem Conf., Nairobi, Kenya, p. 62.

## 7. APENDICE

Las significancias y abreviaciones se señalan de la siguiente forma:

N.S. = No significativo

\* = Significativo,  $\alpha = 0.05$

\*\* = Altamente significativo,  $\alpha = 0.01$ .

A = arbol

B = dosis

AB = interacción

Cuadro A1. Análisis de varianza de los factores considerados en la evaluación de las propiedades insecticidas de polvo de hoja de nim al 2% sobre *T. castaneum* en maíz, en el primer experimento.

FUENTE DE VARIACION <u>1/</u>	S.C.	C.M.	F cal	P > F	SIG.	COEF. VAR.
Mort. 3 D	234.73	10.09	1.225	0.271	N.S.	38.11
Mort. 15 D	481.77	17.98	1.410	0.159	N.S.	40.69
Mort. F <sub>1</sub> 33 D	984.07	78.90	0.656	0.844	N.S.	68.38
Mort. F <sub>1</sub> 78 D	800.84	48.64	0.866	0.623	N.S.	67.33
Mort. T 78 D	708.17	43.58	0.855	0.636	N.S.	76.54
Pob. F <sub>1</sub> 15 D	1.76	0.06	1.428	0.151	N.S.	86.31
Pob. F <sub>1</sub> 33 D	1.68	0.16	0.552	0.923	N.S.	39.10
Pob. F <sub>1</sub> 78 D	1.56	0.12	0.669	0.832	N.S.	27.32
Pob. T 78 D	1.11	0.11	0.534	0.934	N.S.	23.26

1/Mort. 3 D: número de adultos introducidos muertos, a los 3 días.  
Mort. 15 D: número de adultos introducidos muertos, a los 15 días.  
Mort. F<sub>1</sub> 33 D: número de inmaduros de la F<sub>1</sub> muertos, a los 33 días.  
Mort. F<sub>1</sub> 78 D: adultos de F<sub>1</sub> muertos, a los 78 días.  
Mort. T 78 D: total de inmaduros y adultos muertos, a los 78 días.  
Pob. F<sub>1</sub> 15 D: número de inmaduros de la F<sub>1</sub> vivos y muertos, a los 15 días.  
Pob. F<sub>1</sub> 33 D: número de inmaduros de la F<sub>1</sub> vivos y muertos, a los 33 días.  
Pob. F<sub>1</sub> 78 D: número de adultos de F<sub>1</sub> vivos y muertos, a los 78 días.  
Pob. T 78 D: número de inmaduros y adultos vivos y muertos, a los 78 días.

Cuadro A2. Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad de adultos de *T. castaneum* introducidos en maíz, a los 3 días de la infestación de las unidades tratadas con polvo de hoja de nim.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F TABLAS	
					0.05	0.01
BLOQUES	3	93.17	31.06	1.59	2.86	4.38
TRAT.	12	501.52	41.79	2.14*	2.03	2.72
A	3	59.49	19.83	1.02	2.86	4.38
B	2	33.00	16.50	0.84	3.26	5.25
AB	6	359.87	59.98	3.07*	2.36	3.35
TESTIGO	1	49.16	49.16	2.52	4.11	7.39
ERROR	36	703.24	19.53			
TOTAL	51	1297.93				

C.V. = 45.59%

Cuadro A3. Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad de adultos introducidos de *T. castaneum* en maíz, a los 15 días de la infestación de las unidades tratadas con polvo de hoja de nim.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F TABLAS	
					0.05	0.01
BLOQUES	3	164.35	54.78	1.92	2.86	4.38
TRAT.	12	1101.05	91.75	3.22**	2.03	2.72
A	3	128.52	42.84	1.50	2.86	4.38
B	2	54.34	27.17	0.95	3.26	5.25
AB	6	775.95	129.33	4.54**	2.36	3.35
TESTIGO	1	142.25	142.25	4.99*	4.11	7.39
ERROR	36	1026.52	28.51			
TOTAL	51	2291.93				

C.V. = 43.87%

Cuadro A4. Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad de inmaduros de la  $F_1$  de *T. castaneum* en maíz a los 33 días de la infestación de las unidades tratadas con polvo de hoja de nim.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F TABLAS	
					0.05	0.01
BLOQUES	3	79.69	26.56	2.21	2.86	4.38
TRAT.	12	271.91	22.66	1.89	2.03	2.72
A	3	34.98	11.66	0.97	2.86	4.38
B	2	18.93	9.46	0.79	3.26	5.25
AB	6	216.07	36.01	3.00*	2.36	3.35
TESTIGO	1	1.94	1.94	0.16	4.11	7.39
ERROR	36	432.18	12.00			
TOTAL	51	783.78				

C.V. = 134.20%

Cuadro A5. Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad de adultos de  $F_1$  de *T. castaneum* en maíz a los 78 días de la infestación de las unidades tratadas con polvo de hoja de nim.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F TABLAS	
					0.05	0.01
BLOQUES	3	1787.91	595.97	3.86*	2.86	4.38
TRAT.	12	14763.45	1230.29	7.97**	2.03	2.72
A	3	562.36	187.45	1.21	2.86	4.38
B	2	372.25	186.13	1.21	3.26	5.25
AB	6	1077.11	179.52	1.16	2.36	3.35
TESTIGO	1	12751.73	12751.73	82.59**	4.11	7.39
ERROR	36	5558.30	154.40			
TOTAL	51	22109.66				

C.V. = 23.94%

Cuadro A6. Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad del total de inmaduros y adultos de *T. castaneum* en maíz a los 78 días de la infestación de las unidades tratadas con polvo de hoja de nim.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F TABLAS	
					0.05	0.01
BLOQUES	3	2098.09	699.36	3.94*	2.86	4.38
TRAT.	12	15838.19	1319.85	7.44**	2.03	2.72
A	3	429.02	143.01	0.81	2.86	4.38
B	2	192.47	96.23	0.54	3.26	5.25
AB	6	1291.84	215.31	1.21	2.36	3.35
TESTIGO	1	13924.86	13924.86	78.53**	4.11	7.39
ERROR	36	6383.55	177.32			
TOTAL	51	24319.83				

C.V. = 22.34%

Cuadro A7. Análisis de varianza del número de inmaduros de la  $F_1$  de *T. castaneum* en maíz a los 15 días de la infestación de las unidades tratadas con polvo de hoja de nim.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F TABLAS	
					0.05	0.01
BLOQUES	3	0.13	0.04	1.58	2.86	4.38
TRAT.	12	0.73	0.06	2.16*	2.03	2.72
A	3	0.09	0.03	1.05	2.86	4.38
B	2	0.14	0.07	2.40	3.26	5.25
AB	6	0.51	0.08	2.98*	2.36	3.35
TESTIGO	1	0.01	0.01	0.03	4.11	7.39
ERROR	36	1.02	0.03			
TOTAL	51	1.88				

C.V. = 11.04%

Cuadro A8. Análisis de varianza del número de inmaduros de la  $F_1$  de *T. castaneum* en maíz a los 33 días de la infestación de las unidades tratadas con polvo de hoja de nim.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F TABLAS	
					0.05	0.01
BLOQUES	3	0.04	0.01	0.24	2.86	4.38
TRAT.	12	0.85	0.07	1.45	2.03	2.72
A	3	0.10	0.03	0.65	2.86	4.38
B	2	0.07	0.03	0.66	3.26	5.25
AB	6	0.67	0.11	2.27	2.36	3.35
TESTIGO	1	0.02	0.02	0.44	4.11	7.39
ERROR	36	1.77	0.05			
TOTAL	51	2.65				

C.V. = 15.33%

Cuadro A9. Análisis de varianza del número de adultos emergidos de  $F_1$  de *T. castaneum* en maíz a los 78 días de la infestación de las unidades tratadas con polvo de hoja de nim.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F TABLAS	
					0.05	0.01
BLOQUES	3	0.07	0.02	0.32	2.86	4.38
TRAT.	12	2.38	0.20	2.68*	2.03	2.72
A	3	0.20	0.07	0.90	2.86	4.38
B	2	0.74	0.37	5.03*	3.26	5.25
AB	6	0.87	0.14	1.96	2.36	3.35
TESTIGO	1	0.56	0.56	7.63**	4.11	7.39
ERROR	36	2.66	0.07			
TOTAL	51	5.11				

C.V. = 22.16%

Cuadro A10. Análisis de varianza del número total de inmaduros y adultos de *T. castaneum* en maíz, a los 78 días de la infestación de las unidades tratadas con polvo de hoja de nim.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F TABLAS	
					0.05	0.01
BLOQUES	3	0.09	0.03	0.41	2.86	4.38
TRAT.	12	2.52	0.21	2.92**	2.03	2.72
A	3	0.12	0.04	0.55	2.86	4.38
B	2	0.55	0.28	3.82*	3.26	5.25
AB	6	0.60	0.10	1.40	2.36	3.35
TESTIGO	1	1.25	1.25	17.33**	4.11	7.39
ERROR	36	2.59	0.07			
TOTAL	51	5.21				

C.V. = 21.21%

Cuadro A11. Análisis de varianza de polinomios ortogonales para el efecto de las dosis de polvo de hoja del árbol de nim P-2, en la variable mortalidad de adultos introducidos de *T. castaneum* en maíz, a los 3 días de la infestación.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal.	F. tablas	
					0.05	0.01
Lineal	1	5.28	5.28	0.27	4.12	7.42
Cuadrático	1	215.88	215.88	11.05 **	4.12	7.42
Error	36	703.23	19.53			

Cuadro A12. Análisis de varianza de polinomios ortogonales para el efecto de las dosis de polvo de hoja del árbol de nim P-2, en la variable mortalidad de adultos introrducidos de *T. castaneum* en maíz, a los 15 días de la infestación.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal.	F. tablas	
					0.05	0.01
Lineal	1	0.00	0.00	0.00	4.12	7.42
Cuadrático	1	236.50	236.50	8.29 **	4.12	7.42
Error	36	1,026.53	28.51			

Cuadro A13. Análisis de varianza de polinomios ortogonales para el efecto de las dosis de polvo de hoja del árbol de nim M-3, en la variable mortalidad de adultos introducidos de *T. castaneum* en maíz, a los 15 días de la infestación.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal.	F. tablas	
					0.05	0.01
Lineal	1	221.45	221.45	7.77 **	4.12	7.42
Cuadrático	1	126.45	126.45	4.43 *	4.12	7.42
Error	36	1,026.53	28.51			

Cuadro A14. Análisis de varianza de polinomios ortogonales para el efecto de las dosis de polvo de hoja del árbol de nim L-2, en la variable número de inmaduros de  $F_1$  de *T. castaneum* en maíz, a los 15 días de la infestación.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal.	F. tablas	
					0.05	0.01
Lineal	1	0.001	0.001	0.036	4.12	7.42
Cuadrático	1	0.193	0.193	6.806 *	4.12	7.42
Error	36	1.019	0.028			

Cuadro A15. Análisis de varianza de polinomios ortogonales para el efecto de las dosis de polvo de hoja del árbol de nim M-1, en la variable número de inmaduros de  $F_1$  de *T. castaneum* en maíz, a los 15 días de la infestación.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal.	F. tablas	
					0.05	0.01
Lineal	1	0.000	0.000	0.00	4.12	7.42
Cuadrático	1	0.149	0.149	5.26 *	4.12	7.42
Error	36	1.019	0.028			

Cuadro A16. Análisis de varianza de polinomios ortogonales para el efecto de las dosis de polvo de hoja del árbol de nim M-3, en la variable número de inmaduros de  $F_1$  de *T. castaneum* en maíz, a los 15 días de la infestación.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal.	F. tablas	
					0.05	0.01
Lineal	1	0.248	0.248	8.78 **	4.12	7.42
Cuadrático	1	0.029	0.029	1.01	4.12	7.42
Error	36	1.019	0.028			

Cuadro A17. Análisis de varianza de polinomios ortogonales para el efecto de las dosis de polvo de hoja del árbol de nim L-2, en la variable mortalidad de inmaduros de  $F_1$  de *T. castaneum* en maíz, a los 33 días de la infestación.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal.	F. tablas	
					0.05	0.01
Lineal	1	69.149	69.149	5.76	4.12	7.42
Cuadrático	1	85.202	85.202	7.10 *	4.12	7.42
Error	36	423.176	12.005			

Cuadro A18. Análisis de varianza de polinomios ortogonales para el efecto de las dosis de polvo de hoja del árbol de nim P-2, en la variable mortalidad de inmaduros de  $F_1$  de *T. castaneum* en maíz, a los 33 días de la infestación.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal.	F. tablas	
					0.05	0.01
Lineal	1	0.045	0.045	0.00	4.12	7.42
Cuadrático	1	59.409	59.409	4.95 **	4.12	7.42
Error	36	423.176	12.005			

