

REFERENCIAS

- ARTHUR, V. 1984. Determinação da dose esterilizante de radiação gama para adultos de *Sitophilus granarius* (L., 1758)(Col., Curculionidae) em trigo. In: SEMINÁRIO REGIONAL SOBRE TÉCNICAS NA PRODUÇÃO DE PLANTAS AGRÍCOLAS. Piracicaba, 1984. *Resumos*. Piracicaba, CENA/USP. p.60, 1984.
- ARTHUR, V. 1997. Controle de insetos-praga por radiações ionizantes. *Biológico*, 59 (1): 77-79.
- ARTHUR, V. 1998. Uma visão crítica do uso da radiação gama como tratamento quarentenário para moscas-das-frutas. Tese de Livre-Docente. CENA/USP. Piracicaba, SP, 61p.,
- ARTHUR, V.; FRANCO, S.S.H.; FRANCO, J.G. 1999. Emprego da radiação gama do Cobalto-60 na desinfestação de *Sitophilus granarius* em trigo. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE TRIGO, 18, Passo Fundo, 1999. *Anais*, (2): 572-577.
- ARTHUR, V.; HADDAD, S. S.; WALDER, J. M. M.; WIENDL, F. M. 1986. Determinação da esterilizante de radiação gama para adultos de *Sitophilus granarius* (L.,1758)(Col., Curculionidae) em milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 38., Curitiba, 1986. *Resumos. Ciência e Cultura*, Suplemento 38 (7): 5.
- AZEVEDO, A. de. 1930. Um coleóptero nocivo ao tamarindeiro. Calandra(*Sitophilus*)*linearis* Herbst. *Correio Agrícola*, Bahia, (8): 223.
- COTTON, R. T. 1920. Tamarind pod-borer, *Sitophilus linearis* (Herbst). *Journal of Agricultural Research*, 20 (6): 439-449.
- COTTON, R. T. 1921. Four *Rhynchophora* corn in storage. *Journal of Agricultural Research*, 20 (8):605-614.
- GONÇALVES, C. R.1935. Sobre a biologia de *Sitophilus linearis* (Herbst)(Col., Curcul.). *Revista de Entomologia*, 5 (4): 414-420.
- MARTINS, M.; ARTHUR, V. 1994. Determinação da dose esterilizante de radiação gama do Cobalto-60 para adultos de *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Col., Curculionidae) em milho. *Revista de Agricultura*, 69 (1): 67-72.
- RIBEIRO, E. M. C.; ARTHUR, V.; WIENDL, F. M. 1984. Determinação da dose letal imediata para adultos de *Sitophilus granarius* (L., 1758)(Col., Curculionidae) por intermédio da radiação gama. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 4., Taubaté, 1984. *Resumos*. Taubaté, p.160.

(Recepción: 5 octubre 2005)

(Aceptación: 1 diciembre 2005)

Actividad antialimentaria de *Maytenus boaria* Mol., *Peumus boldus* Mol. y *Quillaja saponaria* Mol. sobre *Spodoptera littoralis* (Boisd).

N. ZAPATA, F. BUDIA, G. SILVA, E. VIÑUELA, P. MEDINA

El principal objetivo de este estudio fue evaluar el efecto insecticida y antialimentario de hojas de *M. boaria* y *P. boldus* y corteza de *Q. saponaria* molidas y agregadas en la dieta artificial larvaria de *S. littoralis* al 1 y 4%. Con esta dieta se alimentaron larvas desde neonatas y durante todo su desarrollo. Se evaluó periódicamente mortalidad, peso ganado y tiempo en alcanzar el estado de pupa. También se evaluó la actividad antialimentaria para larvas de tercer estadio, estableciéndose experimentos de elección y no elección, empleando dieta tratada al 1, 2 y 4%. Se calcularon los índices de disuasión y supresión de la alimentación, la inhibición de la alimentación y el crecimiento, la ingestión diaria de alimento y el incremento de peso larvario. Cuando se trataron larvas de forma continuada desde neonatas se redujo severamente la supervivencia y la ganancia de peso larvaria. Transcurridos 18 días, *Q. saponaria* y *P. boldus* aplicados al 4% ocasionaron una mortalidad del 80% de la población. Además, a los 40 días, ninguno de los individuos que consumió regularmente dieta tratada al 1 y 4% había alcanzado el estado de pupa. El mayor efecto antialimentario para larvas de tercer estadio de *S. littoralis* se obtuvo tras añadir a la dieta artificial hojas molidas de *M. boaria*, y de *P. boldus*.

N. ZAPATA, F. BUDIA, E. VIÑUELA, P. MEDINA, Unidad de Protección de Cultivos, E.T.S.I. Agrónomos, Ciudad Universitaria, s/n. 28040 Madrid. E-mail: nelson_zapata@yahoo.com

G. SILVA, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

Palabras clave: *Spodoptera littoralis*, *Maytenus boaria*, *Peumus boldus*, *Quillaja saponaria*, actividad antialimentaria.

INTRODUCCIÓN

Las plantas producen numerosos y variados compuestos orgánicos, de los cuales, la gran mayoría parecen no participar directamente en su crecimiento y desarrollo. Estas sustancias han sido tradicionalmente denominadas metabolitos secundarios (HARTMANN, 1996; CROTEAU *et al.*, 2000). Funcionalmente, la presencia de este tipo de compuestos en las plantas les permitiría defenderse de condiciones ambientales adversas, herbívoros y enfermedades (HARTMANN, 1996; KESSLER & BALDWIN, 2002;

WITTSTOCK & GERSHENZON, 2002). Todos los insectos fitófagos en los cuales se ha estudiado el efecto de estos compuestos han mostrado algún tipo de respuesta modificada su comportamiento y produciendo algún tipo de reacción negativa (CHAPMAN, 2003), siendo la inhibición de la alimentación una de las que mayor atención ha recibido (KUBO, 1993; FRAZIER & CHYB, 1995). Se considera que la mayoría de las plantas con pocas o ninguna plaga pueden contener compuestos antialimentarios. Es posible encontrar sustancias vegetales de casi todas las clases químicas con propiedades antialimentarias,

entre las cuales algunos terpenos y alcaloides han resultado ser muy potentes (SCHONHOVEN, 1982). Sin embargo, no parece posible encontrar un compuesto que tenga actividad antialimentaria para todos los insectos (SZENTESI, 2002).

Maytenus boaria Mol. es una especie de la familia Celastraceae que comprende unas 850 especies, que se encuentran ampliamente distribuidas en zonas cálido-templadas del mundo (ALARCÓN *et al.*, 1993). Esta especie ha sido muy estudiada desde el punto de vista químico y biológico por su relativa abundancia y extenso uso medicinal. De su parte aérea (hojas y ramas) se han aislado cerca de treinta sesquiterpenos (MUÑOZ *et al.*, 1999).

Peumus boldus Mol. (Monimiaceae) es un árbol pequeño de hojas perennes, endémico en Chile, donde crece preferentemente en la zona central, que posee un clima de tipo templado (MUÑOZ *et al.*, 1999). Sus hojas ovaladas, quebradizas y muy aromáticas contienen de 1 a 3% de aceite esencial rico en hidrocarburos terpénicos, glicósidos y alcaloides siendo el más conocido la boldina (MUÑOZ *et al.*, 1999; BRUNETON, 2001). Las hojas molidas de *P. boldus* han demostrado tener actividad insecticida contra plagas de almacén (SILVA *et al.*, 2003).

Quillaja saponaria Mol. (Rosaceae) es un árbol que puede alcanzar hasta los 15 metros de altura, con hojas pequeñas simples y persistentes (MUÑOZ *et al.*, 1999). La corteza de esta especie contiene gran cantidad de saponinas triterpénicas (8,5-16,4%), utilizadas en la industria de alimentos, farmacéutica y perfumería por sus propiedades emulsionantes. También sirve como emulgente de pesticidas (MUÑOZ *et al.*, 1999; SAN MARTÍN & BRIONES, 1999; BRUNETON, 2001). Extractos de *Q. saponaria* ricos en saponinas han resultado efectivos para controlar enfermedades de plantas (APABLAZA *et al.*, 2002) y larvas de dípteros (PELAH *et al.*, 2002).

La rosquilla negra (*Spodoptera littoralis* Boisduval) es un noctuido muy perjudicial en toda la zona mediterránea y del sur de España. Ataca especialmente a plantas hortícolas y

es muy polífaga. Para su control están registrados actualmente diversos insecticidas, tales como *Bacillus thuringiensis*, Spinosad, Triclorfon, Carbaril y reguladores de crecimiento como el Tebufenocida y algunos inhibidores de la síntesis de quitina, como Lufenuron o Flufenoxuron (DE LIÑAN, 2004).

La incorporación de compuestos antialimentarios en los sistemas de manejo integrado de plagas, pueden resultar muy útiles como complemento o alternativa a los sistemas clásicos de control. Podrían reducir el empleo de insecticidas convencionales que resulten poco recomendables debido a su alta persistencia y toxicidad en el medio. En este sentido, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la actividad antialimentaria de las especies *M. boaria*, *P. boldus* y *Q. saponaria* en larvas de *S. littoralis*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

Se recogieron hojas completamente desmenuzadas de *P. boldus* y *M. boaria*, y en el caso de *Q. saponaria*, corteza del tronco principal (Figura 1). El material vegetal fue recolectado en la zona central de Chile (Provincia de Ñuble) a inicios de verano. El estado fenológico de las especies correspondía a maduración de frutos para *P. boldus* y *M. boaria* y floración para *Q. saponaria*. El material se secó en una estufa a 30 °C hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente, se molió hasta reducirlo a partículas de aproximadamente 1,0 mm y se almacenó a 4 °C hasta su empleo.

Insectos

Para la realización de los ensayos se emplearon larvas neonatas y de tercer estadio de *S. littoralis* que procedían de una cría a pequeña escala que se ha mantenido durante numerosas generaciones en laboratorio sin aplicación de insecticidas. Las larvas fueron alimentadas con dieta artificial (POITOUT & BUES, 1974) y los adultos con una solución de miel pura en agua al 10%. La cría de los insectos y los experimentos efectuados se mantuvieron bajo condiciones controladas

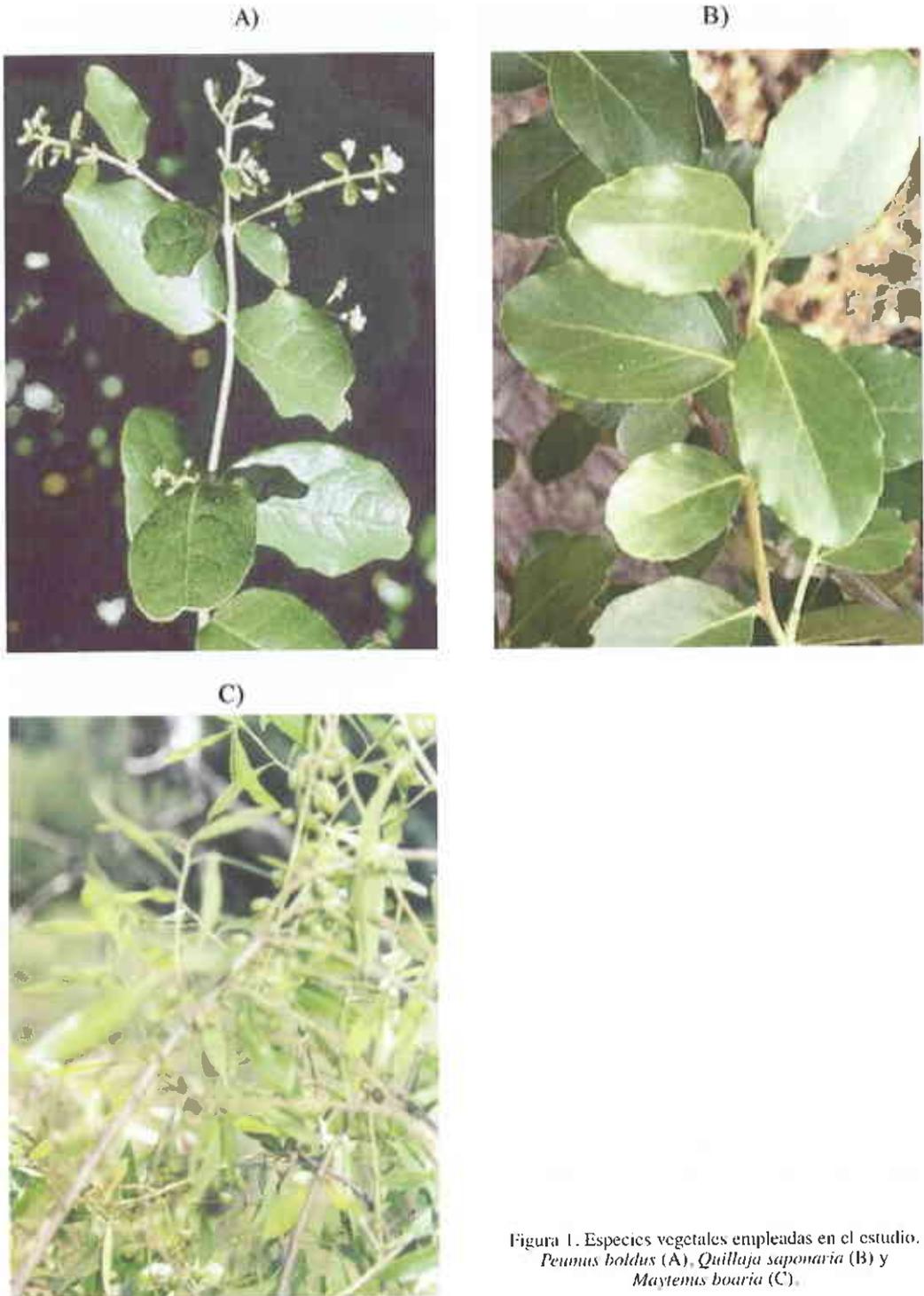


Figura 1. Especies vegetales empleadas en el estudio.
Peumus boldus (A), *Quillaja saponaria* (B) y
Maytenus boaria (C).

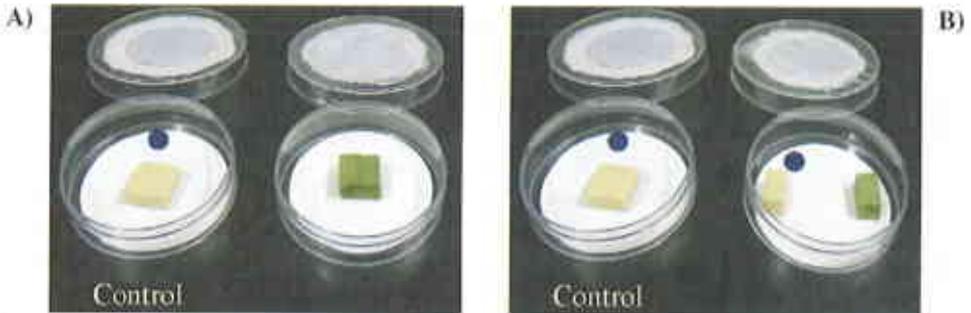


Figura 2. Unidades empleadas para efectuar los ensayos con *Spodoptera littoralis*: A) no elección. B) elección. El punto azul indica alimento sin tratar.

de temperatura ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), humedad relativa ($75 \pm 5\%$) y fotoperíodo (16:8 luz:oscuridad).

Ensayo con larvas neonatas

Se depositaron grupos de 10 neonatas (<12 h de edad) por repetición, en cajas de plástico de 12 cm de diámetro por 5,5 cm de alto, con ventilación en la parte superior mediante una tela de visillo pegada a un orificio de aproximadamente 5 cm. de diámetro. El fondo de cada caja fue cubierto con papel de filtro que se cambió periódicamente para evitar el exceso de humedad y prevenir problemas sanitarios. Con este mismo fin el alimento se renovó cada 3 días.

El ensayo consistió en el suministro *ad libitum* de dieta artificial tratada mezclando directamente hojas deshidratadas y molidas de *M. boaria*, *P. boldus* y corteza de *Q. saponaria* con el resto de los componentes de la dieta a concentraciones del 1 y 4%. Todos los ingredientes fueron mezclados a una temperatura inferior de 40°C para prevenir posibles alteraciones químicas de sus componentes. También se añadió un control con dieta no tratada. Se establecieron 5 repeticiones por cada concentración y control. Se evaluó la mortalidad larvaria a los 3, 6, 9, 12, 15, 18, 24, 30 y 40 días desde el inicio del experimento, el peso acumulado a los 5, 10 y 15 días, y también se registró el tiempo necesario para alcanzar el estado de pupa.

Ensayos con larvas de tercer estadio

Se seleccionaron larvas de tercer estadio

con un peso aproximado de 30 ± 5 mg de *S. littoralis*, que previamente habían sido sometidas a un ayuno de 4 horas. Tras pesarlas, grupos de 5 larvas por repetición se depositaron en cajas de plástico iguales a las descritas para el ensayo anterior; se les suministraron cantidades conocidas de dieta artificial con concentraciones de 1, 2 y 4% (p/p) de cada especie vegetal, siguiendo el mismo procedimiento que en el ensayo precedente. Se realizaron 5 repeticiones por concentración y control.

Se establecieron dos experimentos: uno en el cual se suministró sólo alimento tratado (ensayo de no elección) y otro donde se ofrecía la posibilidad de ingerir alimento tratado y no tratado (ensayo de elección). En ambos casos se añadió un control con dieta sin tratar (Figura 2). Al cabo de tres días se retiraron las larvas supervivientes, se congelaron y se secaron en una estufa para conocer su peso seco final. De igual modo, el alimento sobrante en cada caso se secó para determinar por diferencia de peso la cantidad consumida y así referir todos los datos a materia seca. El peso seco inicial de las larvas y de la dieta se estimó considerando el porcentaje de materia seca obtenida de un muestreo al azar de dieta y larvas efectuado al inicio de los experimentos, utilizando 5 repeticiones en cada caso.

Con los datos procedentes del *experimento de elección* se calcularon los siguientes índices:

- Índice de disuasión de la alimentación (%) = $[(Ic - It) / (Ic + It)] \times 100$

- Índice de supresión de la alimentación (%) = $[(Ic - Ict)/Ic] \times 100$.

Con los datos del *experimento de no elección* se calcularon los índices:

- Índice de inhibición de la alimentación (%) = $[(Ic - It)/Ic] \times 100$
- Índice de inhibición del crecimiento (%) = $[(Pc - Pt)/Pc] \times 100$.

Donde: Ic = ingestión en control; It = ingestión en tratado; Ict = Σ [ingestión de alimento no tratado + tratado, en el tratamiento de elección]; Pc = peso larvas control; Pt = peso larvas tratadas (BENTLEY *et al.*, 1984; RAHFA & FRAZIER, 1988; SADEK, 2003).

Además, con los datos del experimento de no elección se calculó la ingestión diaria de alimento y el incremento diario de peso larvario.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos en todos los experimentos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y sus medias fueron comparadas mediante el test estadístico LSD (de mínimas diferencias significativas), con un nivel de confianza del 95% ($P < 0,05$) utilizando el programa estadístico Statgraphics (STSC, 1987). Para cumplir con las premisas del ANOVA, cuando fue necesario, los datos fueron transformados por $\sqrt{(x+0,5)}$ (STEELE & TORRIE, 1985).

RESULTADOS

Efecto en larvas neonatas

La ingestión continuada de dieta tratada afectó significativamente a la ganancia de peso de las larvas cuando fueron tratadas desde neonatas (Cuadro 1). Independientemente de la especie vegetal y de la concentración empleada, al quinto día de tratamiento las larvas no superaban 1 mg de peso, siendo el peso medio en el control 5 veces superior. Una tendencia similar, pero con una diferencia muy superior a favor del control se observó al cabo de 15 días de tratamiento. Las larvas del control pesaban más de 600 mg, mientras que las tratadas con las diferentes plantas no superaban los 16 mg.

La alimentación de las larvas de *S. littoralis* desde neonatas con las diferentes especies vegetales demostró tener un efecto tóxico dependiente de la especie vegetal agregada y de la concentración aplicada (1 ó 4%). Como se puede observar en la Figura 3A, cuando se trató la dieta al 1%, los primeros 18 días sólo se obtuvo una mortalidad máxima del 40%, con la corteza *Q. saponaria*. A los 40 días de evaluación, la dieta tratada con esta misma especie vegetal había ocasionado una mortalidad del 94%. Cuando se añadieron las especies vegetales en la dieta al 4% la mortalidad larvaria de *S. littoralis* a los 24 días de tratamiento superó el 80% en todos

Cuadro 1.- Evolución del peso larvario de *Spodoptera littoralis* alimentadas desde neonatas con dieta artificial tratada con hojas de *Maytenus boaria*, *Peumus boldus* y corteza de *Quillaja saponaria*.

Tratamiento	Conc. (%)	Peso larvario según días de desarrollo (mg/larva)		
		5 ¹	10 ²	15 ³
Control	-	5,3 ± 0,5 a	247,8 ± 16,3 a	619,5 ± 40,7 a
<i>M. boaria</i>	1	0,8 ± 0,1 b	3,0 ± 0,2 b	15,8 ± 1,9 b
	4	0,2 ± 0,0 b	0,3 ± 0,0 b	0,7 ± 1,9 c
<i>P. boldus</i>	1	0,2 ± 0,0 b	1,5 ± 0,0 b	4,7 ± 0,0 bc
	4	0,2 ± 0,0 b	0,4 ± 0,0 b	0,9 ± 0,4 c
<i>Q. saponaria</i>	1	0,5 ± 0,0 b	1,1 ± 0,1 b	2,6 ± 0,6 c
	4	0,2 ± 0,0 b	0,5 ± 0,1 b	1,1 ± 0,2 c

Los valores son la media ± error estándar de 5 repeticiones. Letras distintas en la misma columna indican que los valores difieren significativamente entre sí ($P < 0,05$) (ANOVA, LSD). ¹F=38,30; gl=6,33; $P < 0,001$. ²F=105,17; gl=6,33; $P < 0,001$. ³F=104,64; gl=6,33; $P < 0,001$.

los casos, y a los 40 días las tres especies vegetales aplicadas en la dieta provocaron la muerte de todos los individuos (Figura 3B). También retrasaron considerablemente el desarrollo de *S. littoralis*, de modo que a los 40 días de evaluación ninguno de los individuos que consumió regularmente dieta trata-

da al 1 y 4% había alcanzado el estado de pupa, mientras que en el control la pupación se produjo a los 18 días desde la emergencia.

Ensayo en larvas de tercer estadio

Cuando se ofreció a larvas de tercer estadio al mismo tiempo alimento tratado y no tratado al 1, 2 y 4% con las diferentes plan-

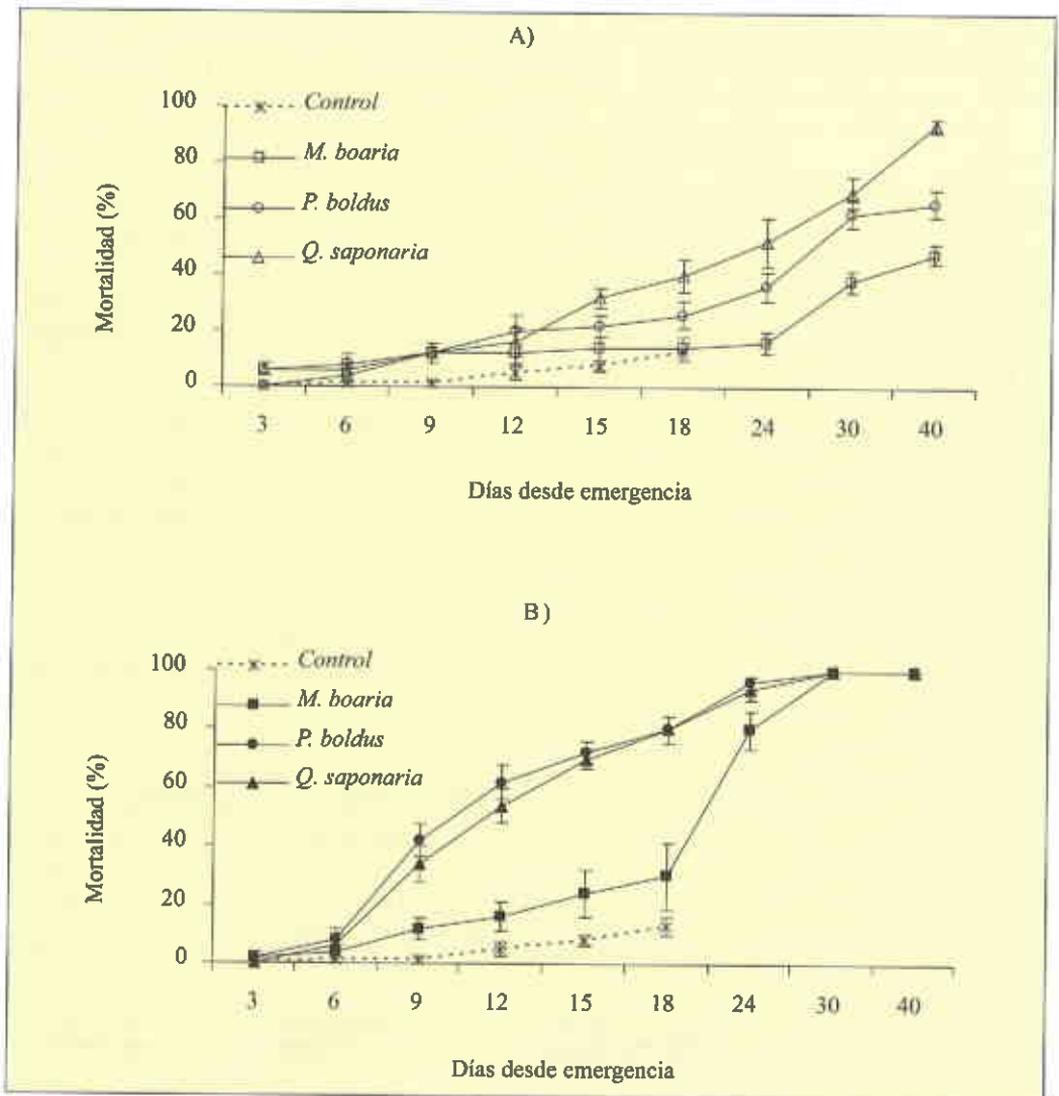


Figura 3. Evolución de la mortalidad larvaria de *Spodoptera littoralis* alimentadas desde neonatas con dieta artificial tratada con hojas de *Maytenus boaria*, *Peumus boldus* y corteza de *Quillaja saponaria* al 1% (A) y al 4% (B). Los valores son la media \pm error estándar de 5 repeticiones.

Cuadro 2.- Efecto antialimentario y nutricional de hojas de *Maytenus boaria*, *Peumus boldus* y corteza de *Quillaja saponaria* en larvas de tercer estadio de *Spodoptera littoralis*.

Especie vegetal	Concentración (%)		
	1	2	4
Elección			
Disuasión de la alimentación (%)			
<i>Q. saponaria</i>	37,0 ± 2,1 a	44,1 ± 4,9 a	73,1 ± 3,9 a
<i>P. boldus</i>	60,2 ± 3,0 b	73,8 ± 5,6 b	96,2 ± 2,8 b
<i>M. boaria</i>	73,4 ± 4,4 c	86,2 ± 1,8 b	98,3 ± 0,4 b
	(F=31,77; gl=2,12; P<0,001)	(F=13,52; gl=2,12; P<0,001)	(F=25,45; gl=2,12; P<0,001)
Supresión de la alimentación (%)			
<i>Q. saponaria</i>	35,2 ± 4,4 b	36,2 ± 3,4 c	12,8 ± 1,2 b
<i>P. boldus</i>	21,8 ± 2,8 a	20,8 ± 3,2 b	14,7 ± 5,6 b
<i>M. boaria</i>	17,0 ± 6,0 a	9,0 ± 4,4 a	2,3 ± 3,3 a
	(F=4,19; gl=2,12; P=0,04)	(F=9,48; gl=2,12; P=0,003)	(F=7,13; gl=2,12; P=0,03)
No elección			
Inhibición de la alimentación (%)			
<i>Q. saponaria</i>	51,3 ± 1,9 a	52,7 ± 2,6 a	54,6 ± 1,5 a
<i>P. boldus</i>	61,6 ± 3,8 b	68,9 ± 0,8 b	78,1 ± 1,2 b
<i>M. boaria</i>	78,8 ± 1,3 c	84,0 ± 0,9 c	89,6 ± 1,0 c
	(F=29,37; gl=2,12; P<0,001)	(F=88,31; gl=2,12; P<0,001)	(F=200,82; gl=2,12; P<0,001)
No elección			
Inhibición del crecimiento (%)			
<i>Q. saponaria</i>	69,6 ± 2,3 a	70,3 ± 2,1 a	74,7 ± 1,6 a
<i>P. boldus</i>	75,7 ± 1,6 b	81,1 ± 2,4 b	86,7 ± 1,9 b
<i>M. boaria</i>	86,9 ± 1,3 c	90,2 ± 0,6 c	92,5 ± 0,8 c
	(F=23,67; gl=2,12; P<0,001)	(F=28,98; gl=2,12; P<0,001)	(F=34,93; gl=2,12; P<0,001)

Los valores son la media ± error estándar de 5 repeticiones. Letras distintas en la misma columna y parámetro evaluado indican que los valores difieren significativamente entre sí ($P < 0,05$) (ANOVA, LSD). La primera letra del alfabeto se ha asignado al menor valor.

tas, la dieta tratada se consumió en menor cantidad que la no tratada, lo que derivó en un efecto disuasorio de la alimentación dependiente de la especie y concentración empleada (Cuadro 2). El mayor porcentaje de disuasión se alcanzó incorporando *M. boaria*, superando en todas las concentraciones el 70%. En cambio, *Q. saponaria* fue la especie que presentó la menor actividad disuasoria, alcanzando una actividad máxima del 73% cuando se ofreció al 4%. En contraste con estos resultados, el efecto supresor de la alimentación que tuvo la incorporación de las plantas en la dieta fue muy discreto y sólo alcanzó como máximo el 36% cuando se añadió *Q. saponaria* al 2%.

El suministro de alimento tratado a larvas de tercer estadio en condiciones de no elección produjo una disminución significativa

de su alimentación ($F=142,81$; $gl=9,40$; $P<0,001$) (Figura 4A) y crecimiento ($F=200,62$; $gl=9,40$; $P<0,001$) (Figura 4B). Independiente de la concentración empleada, *Q. saponaria* fue la especie que demostró la menor capacidad de inhibición de la alimentación, alcanzando sólo el 55%, mientras que *M. boaria* demostró el mayor poder de inhibición de la alimentación, superando el 78% (Cuadro 2). Una tendencia similar a la descrita anteriormente se observó en la capacidad para inhibir el crecimiento.

DISCUSIÓN

Efecto sobre larvas neonatas

La alimentación con dieta artificial tratada con las diferentes plantas no ocasionó mortalidad larvaria importante de *S. littora-*

lis durante su primera semana de vida. Sin embargo, en lo sucesivo, la ingestión continuada de estas plantas tuvo elevada actividad larvicida, tardando menos tiempo en manifestarse cuando se empleó corteza de *Q. saponaria* y hojas de *P. boldus*. La mortalidad larvaria en este estudio se expresó con

mayor lentitud que la descrita en un experimento de similares características en el que se había incorporado frutos pulverizados de *Trichilia havanensis* Jacq., que contienen altos niveles de limonoides, en la dieta larvaria de *S. littoralis* (LOPÉZ-OLGUÍN *et al.*, 1997). Estos autores encontraron que la mor-

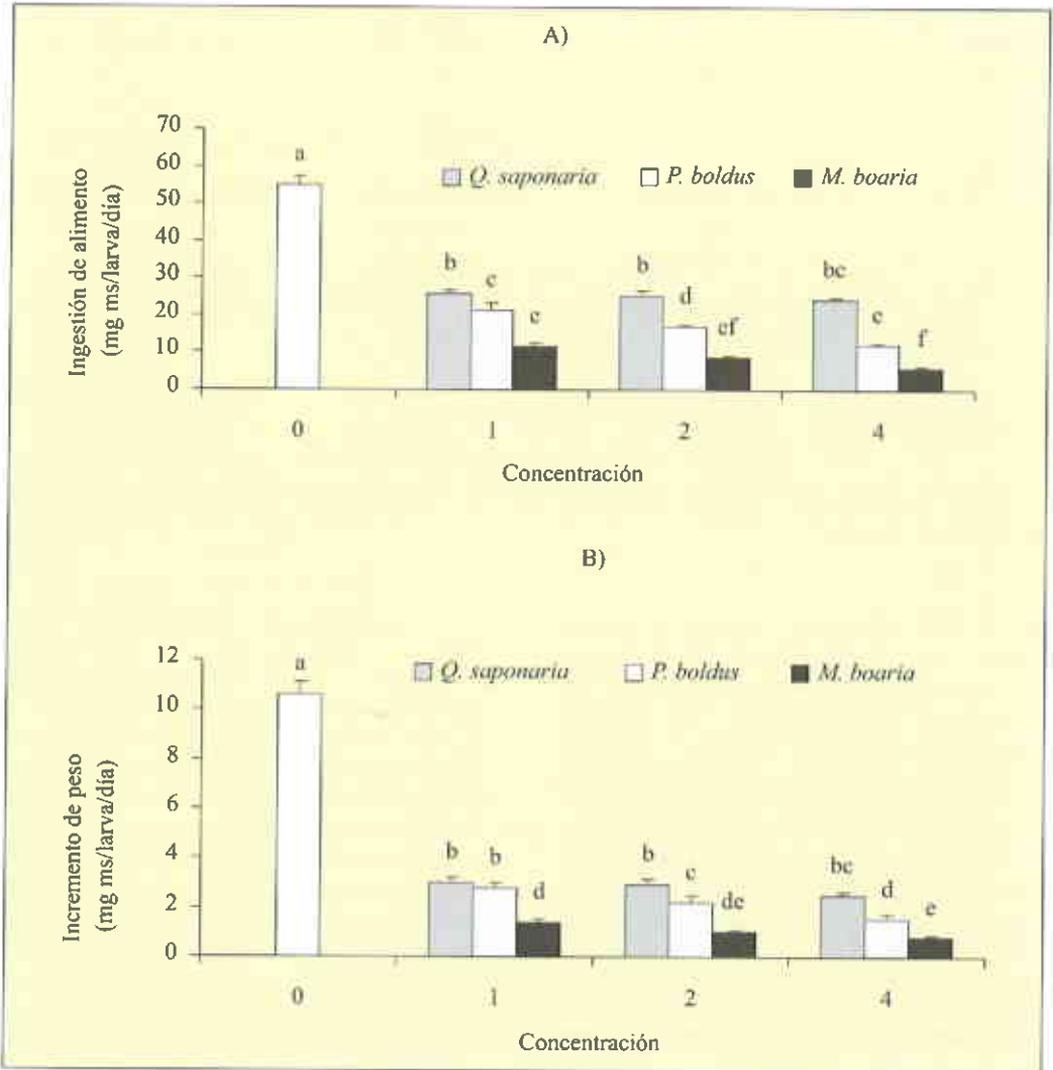


Figura 4. Ingestión de alimento (A) y ganancia de peso (B) de larvas de *Spodoptera littoralis* de tercer estadio alimentadas con dieta artificial tratada con hojas de *Maytenus boaria*, *Peumus boldus* y corteza de *Quillaja saponaria* a las concentraciones de 1, 2 y 4%. Las barras seguidas de distinta letra son significativamente diferentes ($P < 0.05$) (ANOVA, LSD).

talidad de neonatas llegó al 90% durante la primera semana de tratamiento, mientras que en el presente estudio no superó el 15%, por lo que es posible que estas especies vegetales no sean portadoras de metabolitos que causen toxicidad aguda a este insecto.

La escasa ganancia de peso de las larvas alimentadas con dieta tratada con las diferentes plantas se debe al reducido consumo de alimento que se observó durante el estudio. Además, este efecto negativo también se acentuó por la actividad antinutricional de algunos de los metabolitos secundarios muy abundantes en estas especies vegetales, tales como saponinas, taninos y aceites esenciales (REGNAULT-ROGER, 1997; ISMAN, 2000 ADEL *et al.*, 2000; PELAH *et al.*, 2002).

El retraso en el desarrollo observado podría estar asociado con la presencia de compuestos reguladores del crecimiento, descritos con mucha frecuencia en las plantas (BELLÉS, 1988; CÉSPEDES *et al.*, 2001; RODRÍGUEZ *et al.*, 2003). Prácticamente ninguna de las larvas que consumió dieta tratada fue capaz de alcanzar el estado de pupa. Estos mismos efectos también han sido observados cuando larvas de *S. littoralis*, en condiciones similares a las empleadas en este estudio, se alimentaron con dieta tratada con *Croton ciatoglanduliferus* Ort. (HUERTA *et al.*, 2002) y con *T. havanensis* (LOPÉZ-OLGUÍN *et al.*, 1997). También saponinas que se extrajeron de alfalfa han retrasado el desarrollo y crecimiento larvario de esta especie, además de provocar elevada mortalidad (ADEL *et al.*, 2000).

Efecto sobre larvas de tercer estadio

En los ensayos que se realizaron para estudiar el efecto sobre la alimentación en larvas de tercer estadio, en concordancia con lo obtenido en el experimento con neonatas, se evidenció claramente un fuerte efecto antialimentario de todas las especies vegetales estudiadas, resultando claramente más activa la especie *M. boaria*. La potente actividad antialimentaria observada en este caso se debería a la presencia de sesquiterpenos del tipo β -dehidro-agurofurano muy abundantes en esta planta (ALARCÓN *et al.*, 1993), y que

también se han aislado en otras especies del género *Maytenus* (GONZÁLEZ *et al.*, 1997).

Cuando los insectos tenían a su disposición alimento tratado y no tratado pudieron discriminar fácilmente la presencia de *M. boaria* y *P. boldus*, consumiendo en menor medida el alimento tratado con estas plantas, mientras que el grado de percepción fue menor cuando se empleó corteza de *Q. saponaria*. El grado de supresión de la alimentación (toxicidad aguda potencial) que se produce como consecuencia de haber ingerido alimento tratado, considerando que se tiene una fuente de alimento no tratado disponible, fue más elevada en los tratamientos que contenían *Q. saponaria* y *P. boldus*. Este efecto tóxico coincide con la mayor mortalidad obtenida cuando se suministra alimento tratado con estas especies vegetales a larvas desde neonatas.

La inhibición de la alimentación en condiciones de no elección manifestó la misma tendencia que en el caso de elección. Como era de esperar el rechazo del alimento tratado tuvo incidencia directa en el crecimiento larvario. Pero, aún cuando la inhibición de la alimentación fue menor en el caso del alimento tratado con *Q. saponaria* la inhibición del crecimiento fue muy importante, de lo cual, como ya se ha mencionado, podrían ser responsables la elevada concentración de saponinas presentes en la corteza de esta especie, manifestando un potente efecto antinutricional (SAN MARTÍN & BRIONES, 1999).

Dado el efecto larvicida de *P. boldus* cuando se trataron larvas desde neonatas, así como por su efecto antialimentario sobre larvas de tercer estadio, además de considerar que el empleo de sus hojas es de más fácil regeneración y menor impacto ecológico, parece interesante investigar en mayor profundidad la posible utilización de compuestos derivados de esta especie vegetal para la protección vegetal.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Ministerio Español de Ciencia y Tecnología (Pro-

yecto AGL2001-1652-C02-02 a E. Viñuela). Los autores agradecen a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, Chile por la colaboración para identi-

car el material vegetal. Nelson Zapata agradece a Mideplan Chile, a la Fundación Ford y al Rectorado de la UPM por las becas predoctorales concedidas.

ABSTRACT

ZAPATA N., F. BUDIA, G. SILVA, E. VIÑUELA, P. MEDINA. 2006. Antifeedant activity of *Maytenus boaria* Mol., *Peumus boldus* Mol. and *Quillaja saponaria* Mol. against *Spodoptera littoralis* (Boisd). *Bol. San. Veg. Plagas*, **32**: 125-135.

The main goal of this study was to evaluate the insecticidal and antifeedant effects of *M. boaria* and *P. boldus* leaves and *Q. saponaria* bark, added in the artificial diet of *S. littoralis* larvae at 1 and 4%. Firstly, treated diet was offered to neonate larvae during their full development to pupa. Mortality, weight gained, and time to reach pupal stage were evaluated. Secondly, the antifeedant activity on L3 was evaluated by choice and non-choice experiments, using treated diet at 1, 2 and 4%. Index of feeding dissuasion and suppression, feeding and growth inhibition, and also daily food ingestion and increase of larvae weight were calculated. Continued ingestion of treated food from neonate larvae severely affected the survival and the weight gained. After 18 days, *Q. saponaria* and *P. boldus* added at 4% caused 80% mortality. In addition, after 40 days of treatment any individual consuming treated diet (1 and 4%) had reached pupal stage. The highest antifeedant activity on *S. littoralis* third instar was obtained after adding *M. boaria* and *P. boldus* ground leaves to the artificial diet.

Key words: *Spodoptera littoralis*, *Maytenus boaria*, *Peumus boldus*, *Quillaja saponaria*, antifeedant activity.

REFERENCIAS

- ADEL, M., SEHNAL, F., JURZYSTA, M. 2000. Effects of alfalfa saponins on the moth *Spodoptera littoralis*. *J. Chem. Ecol.* **26**: 1065-1078
- ALARCÓN, J., BECERRA, J., MUÑOZ, O. 1993. Género maytenus: una fuente potencial de insecticidas naturales. *Theoria*, **2**: 23-28.
- APABLAZA, G., DÍAZ, M., SAN MARTÍN, R., MOYA, E. 2002. Control de oidio de las cucurbitáceas con saponinas presentes en extractos de quillay (*Quillaja saponaria*). *Ciencia e Investigación Agraria*, **29**: 83-90.
- BELLÉS, X. 1988. Insecticidas biorracionales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. 405 pp.
- BENTLEY, M., LEONARD, D., STODDARD, W., ZALKOW, L. 1984. Pyrrolizidine alkaloids as larval feeding deterrents for spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Annu. Entomol. Soc. Am.* **77**: 393-397.
- BRUNETON, J. 2001. Farmacognosia: fitoquímica de las plantas medicinales. Editorial Acribia, SA. Zaragoza, España. 1099 pp.
- CÉSPEDES, C., ALARCÓN, J., ARANDA, E., BECERRA, J., SILVA, M. 2001. Insect growth regulator and insecticidal activity of β -dihydroagarofurans from *Maytenus* spp. (Celastraceae). *Z. Naturforsch.* **56c**: 603-613.
- CHAPMAN, R. 2003. Contact chemoreception in feeding by phytophagous insects. *Annu. Rev. Entomol.* **48**: 455-484.
- CROTEAU, R., KITCHAN, T., LEWIS, N. 2000. Natural products (secondary metabolites). pp. 1251-1318. En: *Biochemistry and molecular biology of plants*. Buchanan, B., Gruissem, W., Jones, R. (Eds.). American Society of Plant Physiologists USA.
- DE LIÑAN, C. 2004. Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales 2005. 21 edición. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid.
- FRAZIER, J., CIYB. 1995. Use of feeding inhibitors in insect control. pp: 364-381. En: *Regulatory mechanisms in insect feeding*. Chapman, R., Bocr, G. (eds.). Chapman & Hall. NY.
- GONZALEZ, A., JIMENEZ, I., RALVELLO, A., COLL, J., GONZÁLEZ, J., LLORIA, J. 1997. Antifeedant activity of sesquiterpenes from Celastraceae. *Biochem. System. Ecol.*, **25**: 513-519.
- HARTMANN, T. 1996. Diversity and variability of plant secondary metabolism: a mechanistic view. *Entomol. Exp. Appl.* **80**: 177-188.
- HUERTA, A., LÓPEZ-OLGUÍN, J., ARAGÓN, A., BUDIA, F., DEL ESTAL, P., MEDINA, P., VIÑUELA, F. 2002. Efecto de un pulverizado y un extracto acuoso de *Croton ciatoglanduliferus* Ort. (Euphorbiaceae) incorporado a la dieta de *Spodoptera littoralis* (Boisduval)

- (Lepidoptera: Noctuidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, **28**: 405-414.
- ISMAN, M. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Prot.* **19**: 603-608.
- KESSLER, A., BALDWIN, I. 2002. Plant responses to insect herbivory: the emerging molecular analysis. *Annu. Rev. Plant Biol.* **53**: 299-328.
- KUBO, I. 1993. Insect control agents from tropical plants. *Rec. Adv. Phytochem.* **27**: 113-151.
- LÓPEZ-OLGUÍN, J., BUDIA, F., CASTAÑEDA, P., VIÑUELA, E., 1997. Actividad de *Trichilia havanensis* Jacq. (Meliaceae) sobre larvas de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, **23**: 3-10.
- MUÑOZ O., MONTES M., WILKOMIRSKY T. 1999. Plantas medicinales de uso en Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 330 pp.
- PELAI, D., ABRAMOVICH, Z., MARKUS, A., WIESMAN, Z. 2002. The use of commercial saponin from *Quillaja saponaria* bark as a natural larvicidal agent against *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. *J. Ethnopharmacol.*, **81**: 407-409.
- POITOUT, S., BUES, R. 1974. Elevage de chenilles de vingt-huit espèces de Lépidoptères noctuidae et de deux espèces d'Arctiidae sur milieu artificiel simple. Particularités de l'élevage selon les espèces. *Ann. Zool. Ecol. Anim.* **6**: 431-441.
- RAFFA, K., FRAZIER, J. 1988. A generalized model for quantifying behavioral de-sensitization to antifeedants. *Entomol. Exp. Appl.* **46**: 93-100.
- REGNAULT-ROGER, C. 1997. The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integr. Pest Manag. Rev.*, **2**: 25-34.
- RODRIGUEZ, C., SILVA, G., DJAIR, J. 2003. Insecticidas de origen vegetal. pp 89-112. En: *Bases para el manejo racional de insecticidas*. Silva, G., Hepp, R. (eds.). Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía/Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Chillán, Chile.
- SADEK, M. 2003. Antifeedant and toxic activity of *Adhoda vasica* leaf extract against *Spodoptera littoralis* (Lep: Noctuidae). *J. Appl. Entomol.* **127**: 396-404.
- SAN MARTIN, R., BRIONES, R. 1999. Industrial uses and sustainable supply of *Quillaja saponaria* (Rosaceae) saponins. *Econ. Botany*, **53**: 302-311.
- SCHONHOVEN, L.M. 1982. Biological aspects of antifeedants. *Entomol. Exp. Appl.* **31**: 57-69.
- SILVA, G., PIZARRO, D., CASALS, P., BERTI, M. 2003. Evaluación de plantas medicinales en polvo para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado. *R. bras. Agrociencia*, **9**: 383-388.
- STEEL, R., TORRIE, J. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. Editorial McGraw-Hill. Bogotá, Colombia. 622 pp.
- STSC. 1987. *User's Guide Statgraphics*. Graphic software system STSC Inc., Rockville, MD, USA.
- SZENTESI, Á. 2002. Insect-plant relationship-chance and necessity. *Acta Zool. Hung.* **48**: 55-71.
- WITTSTOCK, U., GERSHENZON, J. 2002. Constitutive plant toxins and their role in defense against herbivores and pathogens. *Curr. Opin. Plant Biol.* **5**: 1-8.

(Recepción: 24 octubre 2005)

(Aceptación: 16 enero 2006)

