

Actividad insecticida del polvo de *Peumus boldus* Molina (Monimiaceae) contra *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae).

[Insecticidal activity of *Peumus boldus* Molina (Monimiaceae) powder against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae)]

Diana PIZARRO¹, Gonzalo SILVA¹, Maritza TAPIA¹, J. Concepción RODRÍGUEZ², Angélica URBINA¹, Angel LAGUNES², Candelario SANTILLÁN-ORTEGA³, Agustín ROBLES-BERMÚDEZ³ & Sotero AGUILAR-MEDEL⁴.

¹Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Chillán, Chile

²Programa de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Montecillo. Estado de México, México

³Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit, Xalisco, Nayarit, México

⁴Centro Universitario Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México, Tenancingo, Estado de México, México

Contactos / Contacts: Gonzalo SILVA - E-mail address: gosilva@udec.cl

Abstract

The insecticidal properties of foliage's powder of *Peumus boldus* Molina against adults and immature *S. zeamais* were evaluated. The highest toxicity in contact and fumigant activity was reached by concentrations upper to 1.25% showing mortality over to 90%. The treatments with high mortality showed a lower adult insect emergence (F₁) and grain weight loss too. In immature *S. zeamais* control lower F₁ was observed in highest concentrations of powder. The storage of powder under refrigerated conditions not prevents the insecticidal properties lost. All evaluated concentrations exhibited repellent activity against *S. zeamais* adults. The powder of *P. boldus* does not affect the grain germination. We concluded that powder of *P. boldus* has promissory perspectives to stored products pests control.

Keywords: *Peumus boldus* Molina, maize weevil, stored grain pest, botanical insecticides.

Resumen

Se evaluaron las propiedades insecticidas del polvo de follaje de *Peumus boldus* Molina para el control de adultos y estados inmaduros de *S. zeamais*. La mayor toxicidad por contacto y fumigación se obtuvo con las concentraciones iguales o mayores a 1,25% registrando una mortalidad superior a 90%. Los tratamientos con mayor mortalidad mostraron también una baja emergencia de insectos adultos (F₁) y menor pérdida de peso del grano. En el control de estados inmaduros la menor F₁ se observó en las concentraciones más altas de polvo. El almacenamiento del polvo en refrigeración no impidió la pérdida en el tiempo de las propiedades insecticidas. Todas las concentraciones evaluadas mostraron efecto repelente contra adultos de *S. zeamais*. El polvo de *P. boldus* no afectó significativamente la germinación de los granos. Se concluye que el polvo de *P. boldus* tiene perspectivas auspiciosas para el control de plagas de los productos almacenados.

Palabras Clave: *Peumus boldus* Molina, gorgojo del maíz, plagas de granos almacenados, insecticidas vegetales.

Recibido | Received: 6 de Septiembre de 2012

Aceptado en versión corregida | Accepted in revised form: 30 de Enero de 2012

Publicado en línea | Published online: 31 de Julio de 2013

Este artículo puede ser citado como / This article must be cited as: D Pizarro, G Silva, M Tapia, JC Rodríguez, A Urbina, A Lagunés, C Santillán-Ortega, A Robles-Bermúdez, S Aguilar-Medel. 2013. Actividad insecticida del polvo de *Peumus boldus* Molina (Monimiaceae) contra *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat** 12(4): 420 – 430.

INTRODUCCIÓN

El gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae)) es una importante plaga de productos almacenados a nivel mundial. El ataque de esta especie comienza en el campo y si en el almacenaje no se toman medidas de control, en seis meses, puede ocasionar la completa destrucción de los granos. El principal daño lo provoca al alimentarse del endosperma de la semilla, junto con que su respiración aumenta la temperatura y permite el ingreso de plagas secundarias u hongos (Larraín, 1994). El control de plagas de productos almacenados se realiza principalmente con insecticidas sintéticos. Sin embargo, su mal manejo ha provocado problemas como residuos en los alimentos, desequilibrio biológico, intoxicaciones y desarrollo de resistencia. Estos problemas han hecho que se incentive la búsqueda de métodos alternativos al control químico como son los productos naturales, entre los que destacan los insecticidas vegetales (Roel y Vendramin, 2006).

El uso de compuestos de origen vegetal para la protección de cultivos es una de las técnicas más antiguas de la agricultura (Isman, 2006). Los primeros insecticidas vegetales que se utilizaron fueron la nicotina, extraída de *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae), rianodina, aislada de *Ryania speciosa* Valh (Flacuortiaceae), sabadilla y otros alcaloides de *Schoenocaulon officinale* (Schlecht.) A. Gray (Liliaceae), rotenona de *Derris* spp y *Lonchocarpus* spp (Fabaceae) y las piretrinas obtenidas del piretro (*Tanacetum cinerariaefolium* (Trev.) Bocc. (Asteraceae)) (Roel et al., 2000).

En la actualidad, la investigación se enfoca en especies como *Azadirachta indica* A. Juss, *Melia azedarach* L. (Meliaceae) (De Brito et al., 2004; Souza et al., 2007), *Quassia amara* L. (Simaroubaceae) (Mancebo et al., 2000; Souza et al., 2007) y *Annona cherimolia* Miller (Annonaceae) (Álvarez-Coloma et al., 2007) entre otras. Sin embargo, la gran mayoría de estas especies tienen como centro de origen o zonas de mayor abundancia regiones semitropicales o tropicales por lo que una posible adaptación al clima de Chile no parece una opción viable y de ahí que se haga necesario investigar si especies nativas cuentan con este tipo de actividad biológica.

El Boldo (*Peumus boldus* Molina; Monimiaceae), es un árbol de follaje perenne nativo de Chile (Montes y Wilkomirsky, 1987), conocido por

poseer propiedades antioxidantes (Quezada et al., 2004; Young et al., 2000; Russo et al., 2004; Vogel et al., 2005), antitumorales (Russo et al., 2004), antiinflamatorias (Young et al., 2000; Vogel et al., 2005) y antimicrobianas (Vogel et al., 2005; Mazutti et al., 2008). De acuerdo a Vogel y colaboradores (Vogel et al., 1997; Vogel et al., 2005), los principales compuestos activos de Boldo son aceites esenciales y alcaloides los que se encuentran presentes en diferentes concentraciones en el follaje y madera dependiendo de la época del año. Polvo, extractos y aceite esencial de este árbol han mostrado actividad insecticida contra *Musca domestica* L. (Urzúa et al., 2010), *Xanthogaleruca luteola* Müller (Chiffelle et al., 2011), *Sitophilus zeamais* Mots. (Páez et al., 1991; Pérez et al., 2007; Silva et al., 2003a; Silva et al., 2003b; Silva et al., 2005; Silva et al., 2006), *Acanthoscelides obtectus* Say (Bittner et al., 2008) y larvas de *Spodoptera littoralis* Boisd. (Zapata et al., 2006), *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Silva et al., 2010) y *Helicoverpa zea* Boddie (Silva et al., 2010) junto con efecto fungicida contra *Penicillium* spp, *Fusarium* spp, *Aspergillus niger* y *A. flavus* (Leite de Souza et al., 2005). Por tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar, en condiciones de laboratorio, la actividad biológica de diferentes concentraciones de polvo de *P. boldus* contra *S. zeamais*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, Campus Chillán, Octava Región, Chile.

Insectos

Los insectos provinieron de la colonia permanente del laboratorio, que se mantienen en frascos de vidrio de 1 L con maíz como sustrato alimenticio y en condiciones controladas de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura, $70 \pm 5\%$ de humedad relativa y completa oscuridad en una cámara bioclimática (Memmert GmbH, IPS 749, Schwabach, Germany). Los ejemplares de *S. zeamais* utilizados en los bioensayos se diferenciaron por sexo de acuerdo a Halstead (1963) y Juárez-Flores et al., (2010), quienes señalan que el macho tiene un rostrum de menor longitud pero de mayor grosor y ornamentación que el de la hembra.

Cereal

Se utilizó maíz del tipo dentado (*Zea mays* var. Indentata) el cual se adquirió en el mercado de frutas y hortalizas de la ciudad de Chillán. Con el objetivo de evitar cualquier contaminación externa el maíz se lavó con agua potable y se secó en un horno a 25 ± 1 °C por 48 h para luego ser refrigerado, también por 48 h, a $4,5 \pm 2$ °C de temperatura.

Material vegetal

Se utilizó follaje de *P. boldus* el que se colectó, utilizando el criterio de Vogel *et al.*, (1997), en árboles presentes en el parque del Campus Chillán de la Universidad de Concepción, Octava Región ($36^{\circ}35' S$; $72^{\circ}4' W$), Chile. La corroboración taxonómica se realizó en base a los criterios de Montes y Wilkomirsky (1987) y solamente se utilizaron hojas adultas con su lámina foliar completa. El follaje se deshidrató en un horno de convección forzada (Memmert GmbH, UNB 500, Schwabach, Germany) a 40 ± 1 °C por 72 h y luego se pulverizó con un molino eléctrico para café (Moulinex®, A5052HF, Aleçon, Francia) hasta obtener un polvo que pasara por un tamiz de 18 mesh (Dual Manufacturing Co., Chicago, Illinois, USA) debido a que estudios previos de Silva *et al.* (2003a) demostraron que esta granulometría es la que presenta la mayor adherencia sobre el grano.

Bioensayo de actividad insecticida por contacto

La evaluación de las propiedades insecticidas del polvo de *P. boldus* se realizó por contaminación de sustrato alimenticio (Tavares y Vendramim, 2005). En frascos de 400 mL se depositaron 200 g de maíz, los cuales se mezclaron con la concentración a evaluar de polvo. Posteriormente, cada frasco se infestó con 20 parejas de insectos de 48 h de edad y se almacenaron en la cámara bioclimática en las condiciones ya señaladas para la cría masiva de insectos. Luego, 15 días después de la infestación (DDI) se retiraron todos los insectos y se evaluó la mortalidad, considerando como muerto aquel insecto que no mostraba movimiento al ser tocado con una aguja de disección durante un minuto. Se estableció como límite máximo de mortalidad natural en el testigo un 10%. Si el testigo superaba este umbral el bioensayo se desechaba y se repetía, en caso de no ser así el porcentaje de mortalidad se corrigió con la fórmula de Abbott (1925) (Wekesa *et al.*, 2011). Una vez evaluada la mortalidad los frascos se devolvieron por 40 días más a la cámara bioclimática y al final de este período (55 DDI) se evaluó la emergencia de insectos

adultos (F_1), considerando como 100% la emergencia del testigo, y la pérdida de peso del grano mediante la diferencia entre el peso inicial (200g) y el final.

Germinación

El maíz utilizado en el bioensayo de actividad insecticida por contacto se sometió a una prueba de germinación para determinar si el polvo de follaje de *P. boldus* afectó el poder germinativo de las semillas. En una placa Petri (9 cm diámetro), acondicionada con papel filtro (Whatman N° 10) humedecido con agua destilada, se colocaron a germinar a temperatura ambiente 30 semillas seleccionadas al azar por repetición y al cabo de una semana se contabilizó el porcentaje de germinación considerando al testigo como 100%.

Repelencia

La metodología utilizada para evaluar repelencia fue adaptada de Procopio *et al.*, (2003). Se utilizó una arena de selección (choice arena) formada por cinco placas Petri plásticas (5,0 cm de diámetro), distribuidas en una placa central conectada a las otras cuatro por tubos plásticos de 10 cm de longitud y 0,25 cm de diámetro en posición diagonal formando una "X". Los tratamientos constituidos por 20 g de maíz mezclados con el polvo y los testigos (maíz sin polvo) se distribuyeron en placas simétricamente opuestas mientras que en la placa central se liberaron 20 adultos de *S. zeamais* de 48 h de edad. Posteriormente, las arenas de selección se almacenaron en la cámara bioclimática en condiciones de 25 ± 1 °C de temperatura, 70 ± 5 % de humedad relativa y completa oscuridad y a las 24 h se contabilizó el número de insectos en cada placa Petri. Luego, con los datos obtenidos se calculó el índice de repelencia de Mazzonetto y Vendramim (2003).

Efecto fumigante

La metodología se adaptó de Tavares y Vendramim (2005). En el centro de la base interior de envases plásticos de 200 mL de volumen se insertó un tubo de PVC de 5,0 cm de alto y 2,5 cm de diámetro, en cuyo interior se depositó polvo de *P. boldus* en las concentraciones a evaluar. En seguida, los tubos de PVC se cubrieron con un trozo de tul fino asegurado por una banda elástica con el objetivo de impedir el contacto directo de los insectos con el polvo pero permitir la liberación al medio de las sustancias volátiles. A continuación en la superficie comprendida entre la parte externa del tubo de PVC y el borde

interno de los envases plásticos se colocaron 20 g de maíz que posteriormente se infestaron con 20 insectos adultos de 48 h de edad. Luego de la infestación los envases se almacenaron en la cámara bioclimática en condiciones de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura, $70 \pm 5\%$ de humedad relativa y completa oscuridad. La evaluación de la mortalidad se realizó 5 DDI (Mazzonetto y Vendramim, 2003) y se corrigió con la fórmula de Abbott (1925) (Wekesa et al., 2011).

Efecto sobre estados inmaduros

La mortalidad de estados inmaduros se evaluó utilizando la metodología de Obeng-Ofori et al., (1998). En envases de vidrio de 400 mL, se colocaron 200 g de maíz infestados con 20 parejas de adultos de *S. zeamais* de 48 h de edad a las que se les dejó copular libremente por 20 días. Concluido este periodo se retiraron los insectos, y el maíz se mezcló con el polvo de *P. boldus* en las concentraciones a evaluar. Enseguida los frascos se almacenaron durante siete semanas en una cámara bioclimática en condiciones de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura, $70 \pm 5\%$ de humedad relativa y completa oscuridad. La emergencia de insectos adultos (F_1), considerando como 100% al testigo, se contabilizó semanalmente.

Residualidad

El bioensayo de residualidad se realizó solo en aquellos tratamientos que presentaron un porcentaje de mortalidad igual o superior a 80 % en el bioensayo de actividad insecticida por contacto y se utilizó la metodología de Páez et al., (1991). El follaje de *P. boldus* se procesó el mismo día que completó su deshidratación almacenándose partes iguales del polvo obtenido en dos envases plásticos con cierre hermético y opacos. Uno de los envases se dejó a temperatura ambiente ($21 \pm 5^\circ\text{C}$) mientras que el otro se almacenó en refrigeración ($4,5 \pm 2^\circ\text{C}$). Luego, a los 1, 5, 10 y 15 días de almacenamiento en frascos de vidrio de 400 mL se mezclaron 200 g de maíz con polvo de *P. boldus*, en las concentraciones a evaluar, para posteriormente infestar cada frasco con 20 insectos adultos de *S. zeamais* de 48 h de edad. Luego, los frascos infestados se mantuvieron en una cámara bioclimática en condiciones de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura, $70 \pm 5\%$ de humedad relativa y completa oscuridad durante 15 días evaluándose al final de este periodo la mortalidad de insectos adultos. Este bioensayo se realizó de manera independiente para el

polvo de *P. boldus* almacenado a temperatura ambiente y para el almacenado en refrigeración.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se evaluaron las concentraciones de 0,125; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 y 2,0% (p/p) de polvo de follaje de *P. boldus* por 100 g de maíz más un testigo absoluto. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones y toda la metodología se repitió cuatro veces en diferentes días. El diseño experimental fue completamente al azar y los datos obtenidos se transformaron, previo al análisis estadístico, con la función $\arccos(\sqrt{x/100})$ y se sometieron a un análisis de varianza y a una prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0,05$) con el software Statistical Analysis System (SAS) (SAS Institute, 1998).

RESULTADOS

Toxicidad

Los mayor toxicidad se obtuvo con los tratamientos de 1,75 y 2,0% (p/p) de polvo de *P. boldus* con 95,8 y 97,5% de mortalidad respectivamente siendo ambas concentraciones significativamente mayores ($p \leq 0,05$) a las restantes evaluadas (Tabla N° 1). Los mismos tratamientos mostraron también la menor emergencia de insectos adultos (F_1) con 0 y 1,1% aunque sin diferencias significativas ($p > 0,05$) con las concentraciones de 1,25 y 1,5 % (p/p) que registraron una F_1 de 7,4 y 5,5% en relación al testigo. La pérdida de peso del grano no superó el 10% observándose la menor pérdida en los tratamientos de 1,75 y 2,0% (p/p) siendo nuevamente ambos tratamientos estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$) a las restantes concentraciones de polvo de *P. boldus* (Tabla N° 2).

Germinación

En todos los tratamientos evaluados se observó un porcentaje de germinación superior al 90% sin registrarse diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre los tratamientos y el testigo (Tabla N° 2).

Repelencia

En todas las concentraciones de polvo de *P. boldus* se obtuvo un índice de repelencia menor a 1 (Tabla N° 3). El valor más alto del índice se observó en la menor concentración (0,125% p/p) con 0,32 mientras que el resto de los tratamientos registró valores menores a 0,2.

Tabla N° 1
Mortalidad y emergencia (F₁) de adultos de *Sitophilus zeamais* alimentado con maíz mezclado con diferentes concentraciones de polvo de *Peumus boldus*

| Concentraciones (%) (p/p) | Mortalidad* (%) | Emergencia* (F ₁) (%) |
|------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| 0,125 | 0,0g | 100a |
| 0,25 | 9,1f | 86,1b |
| 0,5 | 20,8e | 49,21c |
| 0,75 | 30,8d | 20,63c |
| 1,0 | 80,8c | 12,7de |
| 1,25 | 80,8c | 7,4ef |
| 1,5 | 89,1b | 5,56ef |
| 1,75 | 95,8ab | 1,1f |
| 2,0 | 97,5a | 0,0f |
| Testigo | -- | 100 ^a |
| CV (%) | 6,4 | 13,7 |

*Tratamiento con igual letra en la columna no difieren estadísticamente por el test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

CV = Coeficiente de variación

(p/p) = peso/peso

Tabla N° 2
Pérdida de peso y germinación de maíz infestado con *Sitophilus zeamais* y mezclado con diferentes concentraciones de polvo de *Peumus boldus*

| Concentraciones (%) (p/p) | Pérdida de Peso* (%) | Germinación* (%) |
|------------------------------|-------------------------|---------------------|
| 0,125 | 8,1 ^a | 90,0a |
| 0,25 | 7,7 ^a | 90,0a |
| 0,5 | 6,1b | 90,0a |
| 0,75 | 5,0c | 90,0a |
| 1,0 | 3,9d | 90,4a |
| 1,25 | 2,7e | 92,8a |
| 1,5 | 1,8e | 90,4a |
| 1,75 | 0,9f | 95,2a |
| 2,0 | 0,9f | 90,4a |
| Testigo | 8,5 ^a | 100a |
| C.V. (%) | 9,6 | 7,7 |

*Tratamiento con igual letra en la columna no difieren estadísticamente por el test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

CV = Coeficiente de variación

(p/p) = peso/peso

Tabla N° 3
Repelencia de diferentes concentraciones de polvo de *Peumus boldus* sobre adultos de *Sitophilus zeamais*

| Concentración (%) (p/p) | Indice de repelencia (IR)* |
|----------------------------|----------------------------|
| 0,125 | 0,32 |
| 0,25 | 0,17 |
| 0,5 | 0,19 |
| 0,75 | 0,12 |
| 1,0 | 0,19 |
| 1,25 | 0,15 |
| 1,5 | 0,10 |
| 1,75 | 0,12 |
| 2,0 | 0,18 |

*IR > 1 planta atrayente; = 1 planta neutra; < 1 planta repelente
(p/p) = peso/peso

Efecto fumigante

El único tratamiento que alcanzó el 100% de mortalidad fue 2,0% (p/p) pero sin diferencias significativas con 1,75% (p/p) que mostró un 97,5%

de insectos muertos (Tabla N° 4). Las menores concentraciones de polvo (0,125; 0,25 y 0,5% (p/p)) no superaron el 30% de mortalidad.

Tabla N° 4
Mortalidad de adultos de *Sitophilus zeamais*, por efecto como insecticida fumigante de diferentes concentraciones de polvo de *Peumus boldus*

| Concentraciones (%) (p/p) | Mortalidad* |
|------------------------------|-------------|
| 0,125 | 2,5f |
| 0,25 | 3,3f |
| 0,5 | 28,3e |
| 0,75 | 59,2d |
| 1,0 | 76,7c |
| 1,25 | 90,8b |
| 1,5 | 91,1b |
| 1,75 | 97,5a |
| 2,0 | 100,0a |
| CV (%) | 10,8 |

*Tratamiento con igual letra en la columna no difieren estadísticamente por el test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

CV = Coeficiente de variación

(p/p) = peso/peso

Efecto sobre estados inmaduros

La emergencia de insectos adultos se observó a partir de la semana 5 desde el retiro de las parejas de *S. zeamais* de los frascos. Los tratamientos con polvo de *P. boldus* en concentraciones iguales o superiores a

1,25% (p/p) no registraron emergencia de insectos. A su vez, las dos concentraciones menores (0,125 y 0,25% (p/p)) mostraron una F_1 de casi 85% en relación al testigo que se consideró como 100% (Tabla N° 5).

Tabla N° 5
Emergencia de adultos en el control de estados inmaduros de *Sitophilus zeamais* con diferentes concentraciones de polvo de *Peumus boldus*

| Concentraciones (%) (p/p) | Emergencia Semana 5* (%) | Emergencia Semana 6* (%) | Emergencia Semana 7* (%) |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0,125 | 75,0a | 83,3a | 83,3a |
| 0,25 | 66,6a | 75,0a | 83,3a |
| 0,5 | 58,3a | 66,6a | 66,6a |
| 0,75 | 58,3a | 58,3b | 58,3a |
| 1 | 16,6b | 33,3bc | 16,6b |
| 1,25 | 0,0b | 8,3b | 16,6b |
| 1,5 | 0,0b | 0,0b | 0,0b |
| 1,75 | 0,0b | 0,0b | 0,0b |
| 2 | 0,0b | 0,0b | 0,0b |
| Testigo | 100a | 100a | 100a |
| CV | 67,89 | 52,82 | 59,2 |

*Tratamiento con igual letra en la columna no difieren estadísticamente por el test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

CV = Coeficiente de variación

(p/p) = peso/peso

Efecto residual

A las 24 horas de almacenamiento todos los tratamientos con polvo almacenado en condiciones ambientales superaron el 90% de mortalidad mientras que con el que se encontraba en refrigeración solo la concentración de 2,0% (p/p), alcanzó este umbral (Tabla N° 6). En la evaluación a los cinco días de almacenamiento se observó la misma tendencia sin que se registrara una disminución significativa de la actividad insecticida. A los 10 días ninguno de los tratamientos, tanto a temperatura ambiente como en refrigeración, superó el 80% de mortalidad observándose un valor máximo de 71,6% de insectos muertos con la concentración de 2,0% (p/p) de polvo almacenado en refrigeración. Por último a los 15 días de almacenamiento, la mortalidad continuó disminuyendo no alcanzando, en ambos tipos de almacenamiento, el 65% de mortalidad (Tabla N° 6).

DISCUSIÓN

Toxicidad

La mortalidad obtenida con el polvo de *P. boldus* sobre adultos de *S. zeamais* coincide con los resultados reportados en Chile por varios investigadores (Cruzat et al., 2009; Silva et al., 2003a; Silva et al., 2003b;

Silva et al., 2005; Silva et al., 2006; Pérez et al., 2007 y Nuñez et al., 2010) y en México (Páez et al., 1991). En todos estos casos concentraciones iguales o superiores a 1,0% (p/p) registraron una mortalidad de al menos un 80%. Además Lagunes (1994) señala, que para considerar a un polvo vegetal como prometedor, para el control de insectos plaga de productos almacenados, este debe eliminar al menos un 40% de la población. En base a esto se puede señalar que a partir de la concentración de 1,0% (p/p) todos los tratamientos evaluados son prometedores. La tendencia de que los tratamientos con mayor mortalidad presentan también una menor emergencia de insectos coincide con Silva y colaboradores (Silva et al., 2003a; Silva et al., 2003b; Silva et al., 2005; Silva et al., 2006) quienes señalan que seguramente se debe a que los insectos murieron antes de reproducirse. Sin embargo, también se observó que tratamientos con una mortalidad menor a 30% (0,25; 0,5 y 0,75% (p/p)) mostraron una emergencia de insectos adultos significativamente ($p \leq 0,05$) menor al testigo lo que según Rodríguez y Lagunes (1992) se debe a que el polvo se ubica en el espacio entre los granos disminuyendo la frecuencia de encuentro entre el macho y la hembra.

Tabla 6
Residualidad del efecto insecticida del polvo de *Peumus boldus* almacenado en refrigeración y temperatura ambiente para el control de *Sitophilus zeamais*

| Concentración (%) (p/p) | Mortalidad (%) | | | | | | | |
|----------------------------|----------------|--------|---------|--------|----------|---------|----------|--------|
| | 1 día* | | 5 días* | | 10 días* | | 15 días* | |
| | R | A | R | A | R | A | R | A |
| 1,0 | 83,3 c | 91,6 b | 80,8 c | 91,6 b | 63,3 c | 55,8 c | 50,8 c | 52,5b |
| 1,25 | 83,3 c | 96,6 a | 80,8 c | 96,6 a | 65,0 bc | 60,0 b | 55,0 bc | 53,3c |
| 1,5 | 85,8 bc | 98,3 a | 83,3 c | 96,6 a | 67,5 bc | 64,1 b | 57,5abc | 56,6bc |
| 1,75 | 85,0 c | 96,9 a | 83,3 c | 98,3 a | 70,0 ab | 70,6 ab | 60ab | 60ab |
| 2,0 | 90,8 b | 98,3 a | 90,8 b | 97,5 a | 73,3 a | 71,6 a | 62,5a | 61,6a |
| CV (%) | 3,45 | 2,56 | 3,07 | 2,79 | 4,70 | 4,96 | 2,70 | 2,71 |

*Tratamiento con igual letra en la columna no difieren estadísticamente por el test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

R = Refrigerado

A = Ambiente

CV = Coeficiente de variación

(p/p) = peso/peso

Germinación

Los resultados muestran que el polvo de *P. boldus* no afecta de manera significativa la germinación del maíz lo que coincide con Silva *et al.*, 2003a, Silva *et al.*, 2003b, Bustos-Figueroa *et al.*, 2009 y Nuñez *et al.*, 2010; quienes en sus investigaciones no obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos con polvo de *P. boldus* y el testigo. El hecho de que grano tratado con concentraciones más altas de polvo presente mayor germinación que el tratado con concentraciones más bajas se debe a que se utilizó semilla no certificada y por ende con gran variabilidad genética.

Repelencia

Todos los tratamientos evaluados mostraron efecto repelente lo cual concuerda con Cruzat *et al.*, (2009) y Nuñez *et al.*, (2010). Aunque, se debe destacar que los valores más alejados de 1 se obtuvieron con las mayores concentraciones de polvo, lo cual según Mazzonetto y Vendramim (2003) denota un mayor efecto repelente. Además, cabe destacar que todos los tratamientos evaluados mostraron actividad repelente lo cual implica que incluso las concentraciones más bajas de polvo (0,125; 0,25 y 0,5% (p/p)) a pesar de no presentar una toxicidad por contacto significativa serían capaces de mantener al insecto alejado del grano evitando posibles reinfestaciones.

Efecto fumigante

El efecto fumigante de *P. boldus* ya había sido reportado por otros autores tanto para el polvo (Nuñez *et al.*, 2010) como para el aceite esencial (Betancur *et al.*, 2010). Niemeyer y Teillier (2007) y Urzúa *et al.*, (2010) analizaron la composición del aceite esencial de *P. boldus* encontrando que uno de los compuestos que se encuentra en mayor concentración es 1,8-cineol el cual (Lee *et al.*, 2001 y Lee *et al.*, 2004), tiene gran potencial como insecticida fumigante para el control de plagas del trigo almacenado.

Efecto sobre estados inmaduros

El efecto sobre estados inmaduros de *S. zeamais* por el polvo de *P. boldus* coincide con Páez *et al.*, (1991) quienes señalan que una concentración mayor a 1% (p/p) disminuye la F_1 en más de un 50%. El efecto sobre estados inmaduros implica que el polvo afectó los estadios inmaduros tempranos de *S. zeamais* ya que no se observó la presencia de larvas muertas correspondientes a los estadios L2 o L3 por lo que en el futuro deberá investigarse si el polvo afectó la eclosión del huevo o a las larvas neonatas (L1). Estos resultados permiten deducir que el polvo de esta planta se puede utilizar de manera preventiva para la protección del grano. Sin embargo Lagunes (1994), señala que como normalmente los granos se almacenan en sacos es usual que al cabo de un tiempo el polvo se concentre en el fondo de estos por lo que se

sugiere que una vez por semana se deben invertir en su posición para redistribuir el polvo en el grano y no perder su efecto protector.

Efecto residual

Los resultados muestran que el almacenamiento del polvo de *P. boldus* en refrigeración, en comparación al almacenamiento a temperatura ambiente, no mantiene por mayor tiempo la actividad insecticida. Estudios realizados por Paéz et al., (1991) y Silva et al., (2005), muestran que luego de un mes de almacenamiento del polvo de *P. boldus* a temperatura ambiente la toxicidad disminuye a menos de un 30%, lo que implica que para obtener una protección del grano duradera en el tiempo es necesario realizar aplicaciones de polvo de *P. boldus* cada 15 días.

Finalmente, se puede señalar que los resultados obtenidos son auspiciosos y en el mediano plazo podrían dar origen a una nueva opción de control de plagas de productos almacenados amigable con el ambiente y sin presentar los problemas de los insecticidas sintéticos como residuos peligrosos o desarrollo de resistencia. Sin embargo, en el futuro deberán realizarse estudios fitoquímicos que permitan dilucidar el o los compuestos involucrados en la actividad insecticida de *P. boldus* contra *S. zeamais* junto con que deberán realizarse evaluaciones en condiciones de campo que validen lo obtenido en laboratorio.

CONCLUSIONES

El polvo de *Peumus boldus* posee propiedades tóxicas como insecticida de contacto y fumigante para el control de adultos y estados inmaduros de *Sitophilus zeamais* junto con actividad repelente, inclusive en las dosis menores evaluadas, contra adultos. Esto último permite que se pueda considerar como un método de control tanto preventivo como curativo. Además, no afecta significativamente la germinación del maíz, por lo que se podría utilizar para la protección de maíz almacenado destinado a semilla y/o para alimentación animal.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Sra Carolina Sepúlveda Campos del Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción y dedican este trabajo a la memoria del Dr. Ruperto Hepp Gallo, activo colaborador de esta línea de investigación hasta poco antes de su fallecimiento en Septiembre de 2007.

REFERENCIAS

- Abbott WS. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **J Econ Entomol** 18: 265 - 267.
- Alvarez-Coloma A, Neske A, Popich S, Bardon A. 2007. Toxic effects of annonaceous acetogenics from *Annona cherimolia* (Magnoliales: Annonaceae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **J Pest Sci** 80: 63 - 67.
- Betancur J, Silva G, Rodríguez JC, Fischer S, Zapata N. 2010. Insecticidal activity of *Peumus boldus* Molina essential oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Chil J Agric Res** 70: 399 - 407.
- Bittner M, Casanueva ME, Arbert C, Aguilera M, Hernández V, Becerra J. 2008. Effects of essential oils from five plants species against the granary weevil *Sitophilus zeamais* and *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera). **J Chil Chem Soc** 53: 1455 - 1459.
- Bustos-Figueroa G, Osses F, Silva G, Tapia M, Hepp R, Rodríguez JC. 2009. Insecticidal properties of *Peumus boldus* Molina powder alone and mixed with lime against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Chil J Agric Res** 69: 350 - 355.
- Chiffelle I, Huerta A, Jiménez R, Araya JE. 2011. Proximal analysis and toxicity of extracts from young and mature leaves of the boldo tree (*Peumus boldus*) on elm leaf beetle (*Xanthogaleruca luteola*). **Can J Forest Res** 41: 2259 - 2266.
- Cruzat, M, Silva G, Serri H, Hepp R. 2009. Protección de ocho cultivares de trigo con polvo de *Peumus boldus* Molina contra *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **IDESIA (Chile)** 37: 39 - 46.
- De Brito CH, Mezzomo JA, Batista JL, Barbosa M, Murata M. 2004. Bioactividad de extratos vegetales acuosos sobre *Spodoptera frugiperda* em condições de laboratorio. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)** 71: 41 - 45.
- Halstead WA. 1963. External sex differences in stored products-coleoptera. **Bull Entomol Res** 54: 119 - 134.
- Juárez-Flores BI, Jasso-Pineda JR, Aguirre-Rivera JR, Jasso-Pineda I. 2010. Efecto de polvos de asteráceas sobre el gorgojo del maíz

- (*Sitophilus zeamais* Motsch). **Polibotánica** 30: 123 - 135.
- Isman M. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Ann Rev Entomol** 51: 45 - 66.
- Lagunes A. 1994. **Extractos, polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia**. Tesis. Colegio de Postgraduados USAID - CONACYT - BORUCONSA. Montecillo. Texcoco, México.
- Larraín P. 1994. Manejo integrado de plagas en granos almacenados. **IPA, La Platina** 81: 10 - 16.
- Lee BH, Choi WS, Lee SE, Park B. S. 2001. Fumigant toxicity of essential oils and their constituent compounds towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae*. **J Crop Prot Res** 20: 317 - 320.
- Lee BH, Annis PC, Tumaalii F, Choi W. 2004. Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1,8-Cineole against 3 major stored-grain insects. **J Stored Prod Res** 40: 553 - 564.
- Leite de Souza E, De Oliveira E, De Luna KR, Paiva de Souza C. 2005. Inhibitory action of some essential oils and phytochemicals on the growth of various mould isolated of from foods. **Braz Arch Biol Biotechnol** 48: 245 - 250.
- Mancebo F, Hilje L, Mora AG, Salazar R. 2000. Antifeedant activity of *Quassia amara* (Simaroubaceae) extracts on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. **Crop Prot** 19: 301 - 305.
- Mazzonetto F, Vendramim J. 2003. Efeito de pos origen vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em Feijoo armazenado. **Neotropical Entomology** 32: 145 - 149.
- Mazutti M, Mossi AJ, Cansian RL, Corazza ML, Dariva C, Oliveira JV. 2008. Chemical profile and antimicrobial activity of Boldo (*Peumus boldus* MOLINA) extracts obtained by compressed carbon dioxide extraction. **Braz J Chem Engin** 25: 427 - 434.
- Montes M, Wilkomirsky T. 1987. **Medicina tradicional chilena**. Editorial Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Niemeyer H, Teillier S. 2007. Aromas de la flora nativa de Chile. Universidad de Chile/Fundación para la Innovación Agraria. Santiago, Chile.
- Nuñez P, Silva G, Tapia M, Hepp R, Rodríguez JC, Lagunes A. 2010. Toxicidad de polvos de follaje de Paico (*Chenopodium ambrosioides* L.) y Boldo (*Peumus boldus* M.) solos y en mezcla con carbonato de calcio sobre el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). **Agro Ciencia** 26: 71 - 80.
- Obeng-Ofori D, Reichmuth CH, Bekeles A, Hassanali A. 1998. Toxicity and protectant potential of camphor, a major component of essential oil of *Ocimum kilimandscharicum*, against four stored product beetles. **Int J Pest Maneg** 44: 203 - 209.
- Páez A, Lagunes A, Carrillo JL, Rodríguez JC. 1991. Polvos vegetales y materiales inertes para el combate del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) en maíz almacenado. **Agrociencia (México)** 3: 35 - 46.
- Pérez F, Silva G, Tapia M, Hepp, R. 2007. Variación anual de las propiedades insecticidas de *Peumus boldus* sobre *Sitophilus zeamais*. **Pesq Agrop Bras** 42: 633 - 639.
- Procopio S, Vendramin, J, Ribeiro J, Santos JB. 2003. Bioatividade de diversos pós de origen vegetal em relacao a *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Ciencia e Agrotecnologia** 27: 1231 - 1236.
- Quezada N, Ascencio M, Del Valle JM, Aguilera JM, Gómez B. 2004. Antioxidant activity of crude extract, alkaloid fraction, and flavonoid fraction from Boldo (*Peumus boldus* Molina) leaves. **J Food Sci** 69: 371 - 376.
- Roel A, Vendramim J, Shiraishi R, Frighetto N. 2000. Efeito do extrato acetate de etila de *Trichilia pallid* Swartz (Meliaceae) no desenvolvimento e sobrevivencia da lagarta-do-cartucho. **Bragantia** 59: 53 - 58.
- Roel A, Vendramim, J. 2006. Efeito residual do extrato acetato de etila de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) para lagartas de diferentes idades de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciencia Rural** 36: 1049 - 1054.
- Rodríguez C, Lagunes, A. 1992. Plantas con propiedades insecticidas. **Agroproductividad** 1: 17 - 25.
- Russo A, Cardile V, Sánchez F, Troncoso N, Vanella A, Garbarino JA. 2004. Chilean propolis: antioxidant activity and antiproliferative action

- in human tumor cell lines. **Life Sciences** 76: 545 - 558.
- SAS Institute. 1998. **Language guide for personal computer release**. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA.
- Silva G, Lagunes A, Rodríguez JC. 2002. Insecticidas vegetales; una vieja y nueva alternativa en el manejo de insectos. **Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)** 66: 4 - 12.
- Silva G, Pizarro D, Casals P, Berti M. 2003a. Evaluación de plantas medicinales en polvo para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado. **Rev Bras Agrociência** 9: 383 - 388.
- Silva G, Lagunes A, Rodríguez JC. 2003b. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. **Ciencia e Investigación Agraria** 30: 153 - 160.
- Silva G, Orrego O, Hepp R, Tapia M. 2005. Búsqueda de plantas con propiedades insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado. **Pesq Agrop Bras** 40: 11 - 17.
- Silva G, Hepp R, Tapia M, Casals P, Bustos G, Osses F. 2006. Evaluación de boldo (*Peumus boldus* Molina) y cal para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Agrociencia** 40: 219 - 228.
- Silva G, Rodríguez JC, Lagunes A, Llanderal CA, Latorre R, Blanco C, Shelton AM. 2010. Bioactivity of Boldo (*Peumus boldus* Molina) (Laurales: Monimiaceae) on *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) and *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). **Southwestern Entomologist** 35: 215 - 231.
- Souza M, Roel A, Arruda EJ, Marques AS. 2007. Eficiência de produtos vegetais no controle da lagarta-do-cartucho-do-milho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciênc Agrotec** 31: 326 - 331.
- Tavares M, Vendramim J. 2005a. Bioatividade de Erva de Santa Maria, *Chenopodium ambrosioides* L., sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Neotrop Entomol** 34: 319 - 323.
- Urzúa A, Santander R, Echeverría J, Villalobos C, Palacios SM, Rossi Y. 2010. Insecticidal properties of *Peumus boldus* Mol. essential oil on the house fly, *Musca domestica* L. **Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat** 9: 465 - 469.
- Vogel H, Razmilic I, Doll U. 1997. Contenido de aceite esencial y alcaloides en diferentes poblaciones de boldo (*Peumus boldus* Mol.). **Ciencia e Investigación Agraria** 24: 1 - 6.
- Vogel H, Razmilic I, San Martin J, Doll U, Gonzalez B. 2005. **Plantas medicinales chilenas**. Editorial Universidad de Talca, Talca, Chile.
- Wekesa I, Onok LA, Deng AL, Hasanali A, Othira JO. 2011. Toxicity and repellent potency of *Hyptis spicigera* extracts on *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **J Stored Prod Postharvest Res** 2: 113 - 119.
- Young Y, Song JH, Han SE, Lee CS. 2000. Protective effect of boldine on oxidative mitochondrial damage in streptozotocin-induced diabetic rats. **Pharmacol Res** 42: 361 - 371.
- Zapata N, Budia F, Silva G, Viñuela E, Medina P. 2006. Actividad antialimentaria de *Maytenus boaria* Mol., *Peumus boldus* Mol. y *Quillaja saponaria* Mol. sobre *Spodoptera littoralis* Boisd. **Bol Sanit Veg Plagas** 32: 125 - 135.