

EVALUACIÓN DE BOLDO (*Peumus boldus* Molina) Y CAL PARA EL CONTROL DE *Sitophilus zeamais* Motschulsky

EVALUATION OF BOLDUS (*Peumus boldus* Molina) AND LIME FOR *Sitophilus zeamais* Motschulsky CONTROL

Gonzalo Silva-Aguayo, Ruperto Hepp-Gallo, Maritza Tapia-Vargas, Pedro Casals-Bustos,
Gabriel Bustos-Figueroa y Francisco Osses-Ruiz

Departamento de Producción Vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción. Avenida
Vicente Méndez 595. Casilla 537. Chillán. Chile. (gosilva@udec.cl)

RESUMEN

La toxicidad del polvo de boldo (*Peumus boldus* Molina) con y sin cal fue evaluada contra *Sitophilus zeamais* Motschulsky en laboratorio y almacén. En laboratorio la toxicidad se evaluó registrando la mortalidad y emergencia de insectos adultos y la pérdida de peso del grano. En almacén, durante seis meses se registró el número de insectos vivos y muertos y la pérdida de peso del grano. El diseño experimental fue completamente al azar. En laboratorio las mezclas que causaron la mayor toxicidad fueron 50:50 al 1% (p/p) y 40:60 al 2% (p/p) con mortalidad sobre 97%. En el almacén todos los tratamientos de mezclas de polvo de boldo con cal exhibieron una alta efectividad, pero no fueron diferentes ($p>0.05$) respecto a un tratamiento con malathion.

Palabras clave: Control físico, granos almacenados, picudo del maíz.

INTRODUCCIÓN

En los granos almacenados, los principales agentes que disminuyen la producción son los insectos, los cuales, antes de la cosecha y en el almacén, pueden causar pérdidas de 20% a 80% (Larrain, 1994).

La aplicación de insecticidas en zonas altamente tecnificadas es el principal método de control utilizado contra estos insectos. En la agricultura de subsistencia no se utilizan insecticidas químicos debido a la falta de recursos económicos y los bajos rendimientos, por lo cual es necesario buscar de métodos de control de plagas acorde con esta realidad (Lagunes, 1994).

El método químico para el control de plagas en granos almacenados puede ocasionar problemas como contaminación ambiental e intoxicaciones. Por tanto, es necesario evaluar productos naturales con propiedades insecticidas que no contaminen el ambiente, sean

ABSTRACT

The toxicity of *Peumus boldus* Molina powder with and without lime was evaluated against *Sitophilus zeamais* in the laboratory and storage room. Under laboratory conditions, the toxicity was evaluated, recording adult insect mortality and emergence as well as grain weight loss. Under storage room conditions, grain weight loss and the number of living and dead insects were recorded for a six-month period. A completely randomized experimental design was used. In the laboratory, the mixtures causing the highest toxicity were 50:50 at 1% (w/w) and 40:60 at 2% (w/w), with mortality values over 97%. In the storage room, all treatments of *P. boldus* mixtures with lime exhibited high effectiveness, but they showed no differences ($p>0.05$) compared to a malathion treatment.

Key words: Physical control, stored grains, corn weevil.

INTRODUCTION

In stored grains, the main agents diminishing production are insects, which can produce losses between 20% and 80% before to harvest or under storage (Larrain, 1994).

In highly technified agriculture, the insecticides spray is the main method of control used against these insects. In subsistence agriculture, chemical insecticides are not used due to lack of economic resources and low profitability, and consequently insect control methods appropriate for this reality are required (Lagunes, 1994).

The chemical method for insect control in stored grains can produce environmental contamination and human intoxication. Therefore, there is a need to evaluate natural products with insecticidal properties which are inexpensive, easy to obtain and to apply, and do not contaminate the environment (Páez, 1987)¹. In the past, plants with insecticidal properties have been utilized (Rodríguez and López, 2001).

Some vegetable powders present desirable control properties, such as contact insecticides, anti-feeding substances, repellent or even attraction properties

Recibido: Marzo, 2005. Aprobado: Noviembre, 2005.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 40: 219-228. 2006.

económicos y de fácil obtención y aplicación (Páez, 1987)¹. En el pasado se han utilizado plantas con propiedades insecticidas (Rodríguez y López, 2001).

Algunos polvos vegetales presentan propiedades deseables en el control de plagas como insecticidas de contacto, sustancias antialimentarias, repelentes o incluso atrayentes (Lagunes, 1994). Experiencias realizadas en México y Chile demuestran que *Peumus boldus* Mol. (Laurales: Monimiaceae) es una alternativa efectiva para controlar *S. zeamais* en granos almacenados, mostrando efectos de mortalidad cercanos al 100% (Aguilar, 1991).

Sin embargo, el uso de polvos vegetales puede ser una práctica agresiva para la densidad natural de la planta, por lo que se deben buscar opciones que, sin disminuir la eficacia, requieran la menor cantidad posible del polvo vegetal. Una alternativa es la mezcla con inertes minerales como cal o carbonato de calcio (Silva *et al.*, 2003a). Estos polvos inertes son sustancias que absorben, solubilizan o diluyen el ingrediente activo, bajando su concentración sin disminuir su poder insecticida (Silva *et al.*, 2004). Su modo de acción es físico debido a que tienen un efecto abrasivo o de absorción de los lípidos de la epicutícula, facilitando la pérdida de agua, lo cual causa la muerte de los insectos por deshidratación (Subramanyam y Roesli, 2000).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar un protector de granos para controlar *S. zeamais* mediante la mezcla de polvo de *P. boldus* con cal, en laboratorio y almacén, como una alternativa de bajo riesgo y fácil acceso para el control de plagas de los granos almacenados en la agricultura de subsistencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Etapas de laboratorio

Preparación del material vegetal

El follaje de *P. boldus* se recolectó en enero de 2003 en el sector precordillerano de la Provincia de Ñuble, Chile. Las hojas se dejaron secar durante 48 h en una estufa Memmert® a 40 °C. Luego se trituró el follaje con un molino eléctrico para café, hasta obtener un polvo fino, que pasara por un tamiz de 40 hilos por pulgada cuadrada.

Polvo inerte

El polvo inerte utilizado fue cal apagada, porque además de tener propiedades insecticidas (Silva *et al.*, 2004), al ser mezclada con el polvo vegetal disminuye la cantidad de material vegetal requerido por un efecto de potenciación (Silva *et al.*, 2003a).

(Lagunes, 1994). Studies performed in México and Chile demonstrate that *Peumus boldus* Mol. (Laurales: Monimiaceae) is an effective alternative to control *S. zeamais* in stored grains, exhibiting mortality effects close to 100% (Aguilar, 1991).

However, the use of vegetable powders can be an aggressive practice for natural plant density, and consequently options that, without diminishing their efficacy, require the lowest quantity possible of vegetable powder are preferable. An option is to mix the vegetable powder with a mineral inert, such as lime or calcium carbonate (Silva *et al.*, 2003a). These inert powders are substances that absorb, solubilize and dilute the active ingredient, lowering its concentration without diminishing its insecticidal powder (Silva *et al.*, 2004). Its mode of action is physical since it has an abrasive effect or a lipid absorption effect on the epicuticle, facilitating water loss, which leads to insect death due to dehydration (Subramanyam and Roesli, 2000).

The objective of this study was to evaluate a grain protector's ability to control *S. zeamais* using a mixture of *P. boldus* powder with lime under laboratory and storage room conditions like a low risk and easy access insect control alternative for grain storage in subsistence agriculture.

MATERIALS AND METHODS

Laboratory stage

Vegetable material preparation

P. boldus foliage was collected in January 2003 in the Andean foothills in the Province of Ñuble, Chile. The leaves were left to dry for 48 h in a Memmert® stove at 40 °C. Then, the foliage was ground with an electric coffee mill until obtaining a fine powder that could pass through a sieve of 40 threads per square inch.

Inert powder

Lime was the inert powder used because in addition to having insecticidal properties (Silva *et al.*, 2004), when mixed with vegetable powder it reduces the amount of vegetable material required due to a potentiation effect (Silva *et al.*, 2003a).

Stored cereal

Corn cv Laredo was used because it is easier to quantify insect damage due to its size in comparison with rice and wheat. The maize was bought in January 2003 in the fruit and vegetable market of Chillán. To eliminate any external insect contamination

¹ Páez, A. 1987. El uso de polvos vegetales e inertes minerales como una alternativa para el combate del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) en maíz almacenado. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, México. 108 p.

Cereal almacenado

Se utilizó maíz Cv Laredo, ya que por su tamaño, en relación al arroz y trigo, es más fácil cuantificar el daño por insectos en los granos. El maíz se compró en enero de 2003 en el mercado de frutas y hortalizas de Chillán y el grano se puso en un congelador por 48 h a -4°C , para eliminar cualquier contaminación externa por insectos, que pudiera alterar los resultados.

Insectos

Los individuos de *S. zeamais*, usados se reprodujeron antes del bioensayo entre octubre y diciembre de 2002 en laboratorio, en una cámara de cría bioclimática ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y 16 h luz), usando como sustrato el mismo maíz usado en las evaluaciones.

Metodología

La metodología fue la propuesta por Lagues y Rodríguez (1989). Las pruebas biológicas se realizaron mezclando, en un frasco de 250 mL, 100 g de maíz cv Laredo (14% de humedad), con cada tratamiento. Cada frasco se infestó con 10 parejas de insectos de una semana de edad, diferenciados mediante el criterio de Halstead (1963), quien señala que el rostrum del macho es claramente más corto y rugoso que el de la hembra. Cada frasco se etiquetó con la información de cada tratamiento y se colocaron en una cámara de cría en las condiciones mencionadas. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones y el bioensayo se estableció en forma completa el 22 de enero de 2003.

Evaluaciones

Para determinar la toxicidad de cada tratamiento se evaluaron las siguientes variables:

Mortalidad. El porcentaje de mortalidad de adultos de *S. zeamais* se evaluó a los 15 d de infestados los frascos (6 de febrero de 2003). Se retiraron y cuantificaron los adultos muertos de cada tratamiento, de acuerdo a si mostraban movimientos coordinados al toque de una aguja de disección (FAO, 1980). El porcentaje de mortalidad se obtuvo utilizando la fórmula de Abbott (Abbott, 1925). Una vez registrada la mortalidad y habiendo retirado todos los insectos, los frascos se pusieron en la cámara bioclimática por 40 d más.

Emergencia de adultos de la F1. Se evaluó 55 d después de la infestación (17 de marzo de 2003) registrando la emergencia de insectos adultos en los tratamientos y en el testigo. Para cuantificar esta variable, se consideró como 100% la emergencia del testigo (Aguilera, 2001).

Porcentaje de pérdida de peso del grano. Se evaluó a los 55 d de efectuada la infestación mediante la fórmula de Adams y Schulten (1976):

that could alter results, the grain was placed in a freezer for 48 h at -4°C .

Insects

The *S. zeamais* individuals used had been reproduced prior to the bioassay between October and December 2002 in laboratory in a bioclimatic chamber ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$ and 16 h light), using as a substrate the same corn utilized in the evaluations.

Methodology

The methodology followed the proposal of Lagues and Rodríguez (1989). The bioassays were performed mixing in 250 mL jars, 100 g of corn cv Laredo (14% moisture) with each treatment. Each jar was infested with 10 insect couples one week old; the insects were sexed according to the Halstead criterion (1963), which indicates that the rostrum of the male is clearly shorter and rougher than that of the female. Each jar was labeled with the information for each treatment and placed inside a growth chamber under the indicated conditions. Each treatment had four replicates, and the bioassay was completely established on January 22, 2003.

Evaluations

To determine the toxicity of each treatment, the following variables were evaluated:

Mortality. *S. zeamais* adult mortality was evaluated 15 d after jar infestation (February 6, 2005). For each treatment, the number of live and dead adults was counted where an adult was considered alive if it demonstrated coordinated movements when touched with a dissection needle (FAO, 1980). The mortality percentage was obtained using the Abbott formula (Abbott, 1925). Once the mortality was recorded and all the insects were removed, the jars were returned to the growth chamber for 40 d more.

Adult emergence from F1. Adult emergence from F1 was evaluated 55 d after infestation (17 March 2003), recording adult insect emergence in the treatments and control. To quantify this variable the control emergence was considered 100% (Aguilera, 2001).

Percentage of grain weight loss. Percentage of grain weight loss was evaluated 55 d after infestation and the Adams and Schulten formula (1976) was used:

$$\%PP = \left(\frac{\text{Number of damaged grains}}{\text{Total number of grains}} \times 100 \right) \times C$$

where %PP=percentage of weight loss; $C=0.125$ if corn is stored as grains or as ears without husk; $C=0.222$ if corn is stored as ears with husk.

$$\%PP = \left(\frac{\text{Número de granos dañados}}{\text{Número total de granos}} \times 100 \right) \times C$$

donde %PP = porcentaje de pérdida de peso; $C = 0.125$ si el maíz es almacenado como granos o mazorca sin brácteas; $C = 0.222$ si el maíz es almacenado como mazorca con brácteas.

Etapa de almacén

Validación de resultados obtenidos en laboratorio

Para evaluar los tratamientos se colocaron 10 kg de maíz cv Laredo (14% humedad) en una bolsa de fibra sintética igual a la usada para costales, donde se aplicaron los tratamientos en las dosis señaladas en el Cuadro 1. El grano mezclado con los polvos se depositó en las bolsas, y se infestaron con 50 parejas de *S. zeamais* y permanecieron de septiembre 2003 a febrero 2004 en un almacén de la estación experimental de la Facultad de Agronomía, en Chillán. Cada tratamiento y el testigo, tuvo cuatro repeticiones.

Variables evaluadas

De cada tratamiento se tomó mensualmente, entre septiembre 2003 y febrero 2004, una muestra de 1 kg para contar el número de insectos adultos vivos y muertos y el número de granos sanos y dañados por insectos. Éstos se identificaron por los agujeros de emergencia o túneles de barrenación. También se pesó cada bolsa mensualmente para calcular la pérdida de peso.

Diseño experimental y análisis estadístico

Tratamientos

Se evaluaron en laboratorio 21 tratamientos y un testigo (Cuadro 2). Los tratamientos incluyeron mezclas de *P. boldus* y cal cuyas proporciones fueron 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 y 0:100, a concentraciones de 0.1%, 1% y 2% p/p. En almacén únicamente se evaluaron los tratamientos promisorios en el laboratorio: ocho tratamientos y un testigo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos prometedores en laboratorio evaluados en condiciones de almacén.

Table 1. Promising laboratory treatments evaluated in storage room conditions.

Tratamiento	Composición	Dosis % (peso/peso)
1	Testigo	-
2	50% boldo + 50% cal	2
3	50% boldo + 50% cal	1
4	60% boldo + 40% cal	1
5	80% boldo + 20% cal	1
6	Hoja entera boldo	1
7	Cal	1
8	Malathion	1

Storage room stage

Laboratory result validation

To evaluate the treatments, 10 kg of corn cv Laredo (14% moisture) was placed in a synthetic fiber sack similar to ones typically used, where the treatment doses indicated in Table 1 were applied. The grain mixed with the powder was placed in the bags, and were infested with 50 *S. zeamais* couples. The sacks with the grain were placed from September 2003 until February 2004 in a storeroom of the Experimental Station of the Agronomy Faculty, at Chillán. Each treatment and the control were replicated four times.

Evaluated variables

From each treatment, a 1 kg sample was taken monthly between September 2003 and February 2004, and the number of live and dead adult insects and the number of undamaged and insect damaged grains was recorded. A grain was considered damaged if there were emergence holes or boring tunnels. The bags were also weighed monthly to calculate weight loss.

Experimental design and statistical analysis

Treatments

Under laboratory conditions 21 treatments and a control were evaluated (Table 2). The treatments included mixtures of *P. boldus* and lime in the following proportions: 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 and 0:100, at concentrations of 0.1%, 1% and 2% w/w. In the storeroom, only the most promising laboratory treatments were evaluated: eight treatments and the control (Table 1).

The experimental design was completely randomized. Trying to achieve normality the percentage values were transformed to arcsine $\sqrt{x/100}$.

Statistical analysis

A variance analysis and a comparison of means were performed using the Tukey Test ($p \leq 0.05$) with the computer program SAS version 6.11 (SAS Institute, 1988).

RESULTS AND DISCUSSION

Laboratory

Mortality percentage

According to the criteria that 50% mortality must be satisfied to consider a treatment promising (Lagunes, 1994), of 22 evaluated, 14 surpassed this threshold. Of those 14, seven treatments produced 100% mortality (Table 2) and the proportion of boldus and lime in these treatments were: 60:40, 80:20 and 100:0 at 1% (w/w)

El diseño experimental fue completamente al azar, y para normalizar los valores porcentuales se transformaron a arcoseno $\sqrt{x/100}$.

Análisis estadístico

Se hizo un análisis de varianza de los datos y se compararon las medias con una prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando SAS versión 6.11 (SAS Institute, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Laboratorio

Porcentaje de mortalidad

De acuerdo con el criterio de 50% de mortalidad para considerar un tratamiento como prometedor (Lagunes, 1994) de los 22 evaluados 14 sobrepasaron este umbral. De éstos, siete tratamientos causaron 100% de mortalidad (Cuadro 2) y su proporción boldo:cal fue: 60:40, 80:20 y 100:0 al 1% (p/p) y 50:50, 60:40, 80:20 y 100:0 al 2% (p/p). Estos resultados concuerdan con los de Páez (1987)¹ y Silva *et al.* (2004), quienes, para el caso de polvo de *P. boldus* (100:0) al 1% (p/p) obtuvieron 100% y 99.1% de mortalidad. Los resultados obtenidos con cal (0:100) en concentraciones de 0.1%, 1% y 2% (p/p) fueron 47%, 66% y 75.7% de mortalidad. Las concentraciones 1% y 2% (p/p) de cal (0:100), muestran un menor poder insecticida respecto al polvo de *P. boldus* (100:0) con 100% de mortalidad para ambas concentraciones. No obstante, al mezclar ambos polvos en proporciones equivalentes (50:50) y aplicados al 1% y 2% (p/p), las mortalidades fueron 97.7% y 100% (Cuadro 2). Esta situación se puede explicar por un efecto de potenciación entre dos polvos con propiedades insecticidas (Ware, 2000). En este aspecto destacan los tratamientos 50:50 al 1% (p/p) y 40:60 al 2% (p/p), ya que mantienen una mortalidad superior al 97%, utilizando menos polvo de *P. boldus* que los otros tratamientos con resultados similares. Según Silva *et al.*, (2003a), la potenciación presentada en los resultados anteriores se puede explicar porque el polvo inerte mejora la capacidad del polvo vegetal para cubrir y adherirse uniformemente al grano, reduciendo la cantidad de material vegetal requerido sin perder las propiedades insecticidas.

Todos los tratamientos a estas concentraciones (1% y 2% p/p) causaron mortalidad superior al 50% en contraste con la concentración de 0.1%, a la cual ningún tratamiento superó este nivel de mortalidad e incluso cuando se aumentó el porcentaje de polvo de *P. boldus* la mortalidad disminuyó hasta 8.2% para el tratamiento 100:0. Este resultado concuerda con el 8.3% de mortalidad registrado por Páez (1987)¹. Probablemente esto se

and 50:50, 60:40, 80:20 and 100:0 at 2% (w/w). These results are in agreement with Páez (1987)¹ and Silva *et al.* (2004) who for the case of *P. boldus* powder (100:0) at 1% (w/w) obtained 100% and 99.1% mortality. The results obtained with lime (0:100) in concentrations of 0.1%, 1% and 2% (w/w) were 47%, 66% and 75.7% mortality. The concentrations 1% and 2% (w/w) of lime (0:100) indicate a lower insecticidal power in comparison with *P. boldus* powder (100:0) with 100% mortality for both concentrations. However, when both powders are mixed in equivalent proportions (50:50) and applied at 1% and 2% (w/w), the mortalities were 97.7% and 100% (Table 2). This situation can be explained by a potentiation effect produced between both powders with insecticidal power (Ware, 2000). In this aspect, the treatments 50:50 at 1% (p/p) and 40:60 at 2% (w/w) are noticeable for maintaining mortality above 97%, using less *P. boldus* powder than the other treatments with similar results. According to Silva *et al.* (2003a), the potentiation effect presented in the previous results can be explained because the inert powder improves the vegetable powder's capacity to uniformly cover and adhere to the grain, diminishing the quantity of vegetable material required without losing insecticidal properties.

All treatments at these concentrations (1% and 2% w/w) caused mortality above 50%, contrasting with the concentration of 0.1%, at which no treatment achieved mortality above 50%. Indeed, when the percentage of *P. boldus* was increased, the mortality diminished to 8.2% for the treatment 100:0. This result agrees with the 8.3% mortality reported by Páez (1987)¹. This result is probably due to the low adherence of *P. boldus* to the grains at this concentration, diminishing its insecticidal activity (Silva *et al.*, 2003b) (Table 2).

Emergence from F1

Out of the 22 treatments, 19 presented values below 50% emergence from F1 in comparison to the control, and can be classified as promising according to Lagunes (1994). The treatments were statistically different ($p \leq 0.05$) from the control (Table 2); those with 100% mortality presented lower adult insect emergence percentages with no statistical difference between them ($p > 0.05$).

Treatments 50:50 at 1% (w/w) and 40:60 at 2% (w/w) were noticeable because their emergence levels did not statistically differ from those with 100% mortality. The lowest results for emergence from F1 were obtained in the treatments with the highest mortality percentages and agree with Silva *et al.* (2004) who proposed a possible elimination of the females prior to egg deposit on the grain or if the female survived to the treatment,

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad y de emergencia de adultos de la F1 de *S. zeamais* y pérdida de peso del maíz tratado con las diferentes combinaciones de *P. boldus* y cal.**Table 2. Mortality and adult emergence percentages for F1 of *S. zeamais* and weight loss for corn treated with different mixtures of *P. boldus* and lime.**

Concentración (%)	Tratamiento % boldo: % cal	Mortalidad [¶] § (%)	Emergencia [¶] (%)	Pérdida de peso [¶] (%)
0.1	0 : 100	47.0 fg	46.2 bcd	4.7 de
	20 : 80	43.8 fgh	34.5 bcde	5.4 cd
	40 : 60	20.6 ij	51.0 bc	6.5 bc
	50 : 50	26.0 ghi	31.2 cde	6.2 bcd
	60 : 40	22.4 hij	59.5 b	7.3 b
	80 : 20	15.2 ij	33.2 bcde	6.2 bc
	100 : 0	8.2 j	16.8 efg	5.3 cd
1	0 : 100	66.0 ef	27.5 cde	3.7 ef
	20 : 80	67.0 ef	17.0 efg	2.8 f
	40 : 60	93.8 bc	5.0 fgh	1.4 gh
	50 : 50	97.7 abc	1.6 h	1.0 ghi
	60 : 40	100 a	0.3 h	0.4 ijk
	80 : 20	100 a	0 h	0.3 jk
	100 : 0	100 a	0.1 h	0.3 k
2	0 : 100	75.7 ed	21.7 def	3.3 ef
	20 : 80	90.4 dc	4.9 gh	1.7 g
	40 : 60	99.4 ab	0 h	0.8 hij
	50 : 50	100 a	0 h	0.5 ijk
	60 : 40	100 a	0.3 h	0.3 jk
	80 : 20	100 a	0.0 h	0.2 k
	100 : 0	100 a	0.0 h	0.3 k
	Testigo	-	100 a	9.4 a
	C.V. (%) [†]	7.0	23.6	7.0

[†] C.V. Coeficiente de variación.

[¶] Tratamientos con diferente letra en una columna difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$).

[§] Mortalidad corregida (Abbott, 1925).

debe a la baja adherencia al grano del polvo de *P. boldus* a esta concentración, disminuyendo su actividad insecticida (Silva *et al.*, 2003b) (Cuadro 2).

Emergencia de la F1

De los 22 tratamientos, 19 registraron valores inferiores al 50% de emergencia de la F1 respecto al testigo y se pueden calificar como prometedores según Lagunes (1994). Los tratamientos fueron estadísticamente ($p \leq 0.05$) diferentes al testigo (Cuadro 2); aquellos con 100% de mortalidad presentaron los menores porcentajes de emergencia de insectos adultos, sin diferencias estadísticas entre sí ($p > 0.05$).

Tratamientos 50:50 al 1% (p/p) y 40:60 al 2% (p/p), sobresalen por niveles de emergencia que no difieren estadísticamente de aquellos con 100% de mortalidad. Los resultados más bajos de emergencia de la F1 se obtuvieron en los tratamientos con los porcentajes de mortalidad más altos, y concuerdan con Silva *et al.* (2004)

she would be sterile or the eggs die. However, the high mortality accompanied by a low emergence was not common in all the treatments; for 100:0 at 0.1% (w/w), there was 8.2% mortality and 16.8% emergence. This situation can be explained, as indicated by Lagunes (1994), by the insectistatic properties of some vegetable powders that act as anti-feeding or repellent substances, producing lower oviposition and emergence.

Weight loss

All treatments were statistically different from the control ($p \leq 0.05$) (Table 2). The treatments producing less weight loss are those with 100% mortality. The most notable treatments were 50:50 at 1% (w/w) and 40:60 at 2% (w/w) which caused weight losses of 1% and 0.8%, and were similar to treatments using a greater amount of *P. boldus* powder.

A significant difference exist between the treatments at 0.1% and the treatments at 1% and 2%, which

quienes propusieron una probable eliminación de las hembras antes de depositar sus huevos en el grano, o si la hembra sobrevive al tratamiento, quedaría estéril o los huevos mueren. Sin embargo, la alta mortalidad acompañada de una baja emergencia no fue general para todos los tratamientos; para 100:0 al 0.1% (p/p) hubo 8.2% de mortalidad y 16.8% de emergencia. Esta situación se podría explicar, según lo señalado por Lagunes (1994), por las propiedades insectistáticas de algunos polvos vegetales, actuando como sustancias antialimentarias o repelentes, provocando una menor oviposición y emergencia.

Pérdida de peso

Todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes al testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 2). Los tratamientos que causaron menor porcentaje de pérdida de peso concuerdan con los de 100% de mortalidad. Destacan los tratamientos 50:50 al 1% (p/p) y 40:60 al 2% (p/p), que causaron 1% y 0.8% de pérdida de peso, siendo semejantes a los tratamientos donde se utilizó una mayor cantidad de polvo de *P. boldus*.

Existe una diferencia significativa entre los tratamientos a 0.1%, con los tratamientos al 1% y 2%, porque presentaron valores más bajos y estadísticamente distintos. Esta situación se debe probablemente a que la concentración 0.1% es insuficiente para cubrir todos los granos, disminuyendo el efecto insecticida. Los resultados de polvo de *P. boldus* solo (100:0) concuerdan con los presentados por Silva *et al.* (2003a) pues hubo pérdida de peso inferior al 2%.

Evaluación de tratamientos prometedores en almacén

Insectos vivos

En el Cuadro 3 se observa que en el tratamiento testigo y en el de hojas enteras de boldo se presentó la mayor cantidad de insectos vivos, 47 y 51, en la fase final del ensayo. Debido a que la evaluación en almacén duró seis meses y el ciclo de vida del insecto es cercano a 55 d (Páez, 1987)¹, se puede inferir que los insectos provenientes del testigo tuvieron un medio adecuado y sin limitantes para su desarrollo, lográndose una alta densidad de población.

En el caso de las hojas de boldo secas y enteras, la población superó en casi todas las evaluaciones a la del testigo, lo cual indica que este tratamiento, a diferencia del polvo, no presenta efecto insecticida. También se observó que el maíz almacenado en estas bolsas se mantenía más seco y sin ningún problema de humedad, en comparación con el testigo, lo cual se pudo deber a

presented lower and statistically different values. This situation is probably due to that the 0.1% concentration is insufficient to cover completely the grains diminishing the insecticidal effect. The results of *P. boldus* powder alone (100:0) agree with Silva *et al.* (2003a), presenting weight loss below 2%.

Evaluation de promising storeroom treatments

Live insects

In Table 3, it can be observed that the control treatment and the whole boldus leaf treatment presented the highest quantity of live insects, 47 and 51, in the final testing phase. Since the storeroom evaluation lasted six months and the insect life cycle is close to 55 d (Páez, 1987)¹, it can be inferred that the insects in the control had an adequate environment and without development limitations, achieving high population density.

In the case of dry whole boldus leaves, the population surpassed the control in virtually all evaluations, indicating that this treatment did not present insecticidal effect, differing from the powder. Additionally, it was observed that the corn stored in bags remained dry and did not have humidity problem in comparison with the control, which could be because the dry leaves absorbed the grain's humidity. Additionally, due to the use of whole leaves rather than powder, the main active ingredient in the leaves is not released into the environment, and is unable to act as an insecticide.

The remaining treatments were statistically different ($p \leq 0.05$) from the ones discussed; therefore, boldus powder alone or mixed with lime has an insecticidal effect on *S. zeamais*. This conclusion can be confirmed by comparing the treatments with Malathion, which did not present significant differences with any of the treatments of boldus powder mixed with lime (Table 3).

Dead insects

The treatment with malathion caused the highest number of dead insects, and presents significant differences with the other treatments. Additionally, the dead insects were principally recorded in the initial observations since contact with the chemical was the sure cause of death and they were unable to disperse, explaining why they are concentrated in one area (Table 4).

Insect damaged grain

Treatments with the greatest grain damage were the control (455; 14.3%) and whole boldus leaf (400;

Cuadro 3. Número de insectos vivos recolectados entre septiembre 2003 y febrero 2004 en los tratamientos evaluados en almacén.
Table 3. Number of live insects collected between September 2003 and February 2004 in treatments evaluated in storage rooms.

Tratamiento (% boldo:% cal)	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Testigo	24 a	10 a	6 a	2 b	26 b	47 a
50:50 (1%)	0 b	0 b	0 b	0 b	1 b	0 b
50:50 (2%)	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b
60:40 (1%)	0 b	0 b	0 b	0 b	1 b	1 b
80:20(1%)	1 b	1 b	0 b	0 b	7 b	1 b
Hojas enteras	22 a	4 b	5 a	7 a	71 a	51 a
Cal (1%)	9 b	0 b	0 b	0 b	7 b	0 b
Malathion	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b
C.V. (%) [†]	12.3	17.8	11.5	7.8	22.5	23.3

[†] C.V. Coeficiente de variación.

[‡] Tratamientos con diferente letra en una columna no difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$).

que las hojas secas absorbieron la humedad del grano. Además, al emplear la hoja entera y no en forma de polvo, el principio activo en las hojas no es liberado al medio para ejercer sus propiedades insecticidas.

Los tratamientos restantes difirieron estadísticamente ($p \leq 0.05$) de los antes indicados; por tanto, el polvo de boldo solo y en mezcla con cal tiene un efecto insecticida sobre *S. zeamais*. Esto se pudo comprobar al comparar todos los tratamientos con malathion, el cual no mostró diferencias significativas con ninguno de los tratamientos de polvo de boldo mezclado con cal (Cuadro 3).

Insectos muertos

El tratamiento con malathion causó el mayor número de insectos muertos, y presenta diferencias significativas con los demás tratamientos. Además, los insectos muertos se registraron principalmente en las observaciones iniciales, ya que el contacto con el agente químico causó una muerte inmediata, no lograron dispersarse y explica que estuviesen concentrados en una zona (Cuadro 4).

Grano dañado por insectos

Los tratamientos que presentaron el mayor daño de grano fueron el testigo (455; 14.3%) y el tratamiento de hojas enteras de boldo (400; 13.1%), y ambos difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$) de los demás tratamientos (Cuadro 5). Esto se puede correlacionar positivamente con el número de insectos vivos, ya que en estos dos tratamientos se encontró la mayor población de insectos vivos, lo que explicaría el mayor número de granos dañados.

Pérdida de peso

Para esta variable hubo diferencias significativas de los tratamientos con el de malathion, el cual causó una

13.1%) treatment, and both were statistically different ($p \leq 0.05$) from the other treatments (Table 5). This can be positively correlated with the number of live insects since in both treatments a larger population of live insects was found, which would explain the greater number of damaged grains.

Weight loss

In this variable significant differences were found between the treatments and Malathion, which caused a greater weight loss (Table 6); which was principally due to that, beginning in December 2003, the grains began rotting, because of the increase in humidity when an insecticide of liquid formulation was applied. The results from the first three months indicate that the treatment with lime alone produced more weight loss, which is more related to grain moisture loss than to insect consumption. Additionally, the whole leaf boldus treatment and the control presented the greatest loss due to insect consumption, but this was not reflected in the results due to high environmental humidity during the research period.

CONCLUSIONS

Peumus boldus Mol. powder alone or mixed with lime presents high effectiveness for control of *Sitophilus zeamais* Mots. in storeroom and laboratory.

The mixtures in proportions of 50:50 and 40:60 in concentrations of 1% and 2% are the most effective in controlling *Sitophilus zeamais* Mots. control.

The mixture of *Peumus boldus* Mol. with inert lime multiplied the insecticidal properties and diminished the vegetable material required to protect the grain.

—End of the English version—



Cuadro 4. Número de insectos muertos recolectados entre septiembre 2003 y febrero 2004 en los tratamientos evaluados en almacén.
Table 4. Number of dead insects collected between September 2003 and February 2004 in treatments evaluated in storage rooms.

Tratamiento (% boldo:% cal)	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Testigo	2 b	1 b	0 a	1 ab	21 a	152 a
50:50 (1%)	1 b	2 b	1 a	1 ab	1 c	4 b
50:50 (2%)	7 b	3 b	2 a	1 ab	0 c	0 b
60:40 (1%)	1 b	2 b	1 a	1 ab	2 bc	0 b
80:20(1%)	6 b	1 b	2 a	1 ab	1 c	5 b
Hojas enteras	3 b	0 b	4 a	0 b	9 b	52 b
Cal (1%)	3 b	1 b	1 a	0 b	0 c	0 b
Malathion	37 b	12 b	0 a	3 a	0 c	0 b
C.V. (%) [†]	17.4	19.2	10.0	8.1	19.5	28.9

[†] C.V. Coeficiente de variación.[¶] Tratamientos con letra diferente en una columna difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$).

mayor pérdida de peso (Cuadro 6); la que se debe principalmente a que desde diciembre 2003 hubo pudrición de los granos por un aumento en la humedad de éstos al aplicar un insecticida de formulación líquida. Los resultados durante los tres primeros meses de medición indican que el tratamiento con cal sola causó mayor pérdida de peso, lo cual se relaciona más con la pérdida de humedad del grano que con la pérdida por alimentación del insecto. Además, en el tratamiento con hojas enteras de boldo y en el testigo se presentó la mayor pérdida por consumo del insecto, pero esto no se reflejó en los resultados debido a la alta humedad ambiental durante la investigación.

CONCLUSIONES

El polvo de *Peumus boldus* Mol. solo o en mezcla con cal presenta una alta efectividad para el control de *Sitophilus zeamais* Mots. en almacén y laboratorio.

Las mezclas en proporciones de 50:50 y 40:60 en concentraciones de 1% y 2% son las más efectivas para el control de *Sitophilus zeamais* Mots.

La mezcla de *Peumus boldus* Mol. con cal potencia las propiedades insecticidas y disminuye el material vegetal requerido para proteger el grano.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el proyecto FIA-PI-C-2002-1-A-056 de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

LITERATURA CITADA

- Abbott, W. A. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Adams, J. M., and C. G. M. Schulten. 1976. Losses caused by insects, mites and microorganisms. *In: Postharvest Grain Loss Assessment Methods*. American Association of Cereal Chemists. Slough, England. pp: 83-93
- Aguilar, J. 1991. Consejos para Almacenar el Maíz en Casa. Libros de rincón. México D.F. 96 p.
- Aguilera, M. 2001. Estudios de efectividad biológica con plagas de granos almacenados. *In: Bases para Realizar Estudios de Efectividad Biológica de Plaguicidas*. Bautista N., y O. Díaz (eds). Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, México. pp: 43-50
- FAO. 1980. Recommended method for measurement of test resistance to pesticide. Plan Production and Protection Paper. Roma. Italy. 132 p.

Cuadro 5. Número de granos dañados entre septiembre 2003 y febrero 2004 en los tratamientos evaluados en almacén.
Table 5. Number of damaged grains between September 2003 and February 2004 in treatments evaluated in storage rooms.

Tratamiento (% boldo:% cal)	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Testigo	125 a	22 c	213 a	160 a	283 a	455 a
50:50 (1%)	32 bc	43 bc	80 b	71 b	101 b	106 b
50:50 (2%)	43 bc	55 ab	68 b	58 b	121 b	91 b
60:40 (1%)	42 bc	63 ab	69 b	66 b	120 b	97 b
80:20(1%)	55 b	72 a	73 b	48 b	135 b	87 b
Hojas enteras	122 a	67 ab	92 b	127 a	264 a	400 a
Cal (1%)	40 b	77 a	83 b	58 b	108 b	83 b
Malathion	0 c	62 ab	62 b	49 b	89 b	85 b
C.V. (%) [†]	28.7	22.2	28.7	17.7	23.7	31.4

[†] C.V. Coeficiente de variación.[¶] Tratamientos con letra diferente en una columna difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$).

Cuadro 6. Pérdida de peso de los granos entre septiembre 2003 y febrero 2004 en los tratamientos evaluados en almacén.
Table 6. Grain weight loss between September 2003 and February 2004 in treatments evaluated in storage rooms.

Tratamiento (% boldo:% cal)	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Testigo	130 bcd	180 a	163 a	77 b	123 b	80 b
50:50 (1%)	203 abcd	157 a	173 bc	87 b	120 b	60 b
50:50 (2%)	137 bcd	163 a	187 bc	103 b	117 b	57 b
60:40 (1%)	217 abc	110 a	200 bc	70 b	137 b	33 b
80:20(1%)	33 cd	133 a	187 bc	107 b	120 b	27 b
Hojas enteras	327 ab	140 a	237 ab	70 b	157 b	70 b
Cal (1%)	360 a	157 a	270 a	53 b	127 b	47 b
Malathion	0 d	100 a	190 bc	220 a	340 a	307 a
C.V. (%) [†]	32.8	24.6	19.5	26.7	21.2	14.1

[†] C.V. Coeficiente de variación.

[¶] Tratamientos con letra diferente en una columna difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$).

Halstead, D. G. H. 1963. External sex differences in stored-products coleoptera. Bull. Entomol. Res. 54: 119-134.

Lagunes, A. 1994. Extractos, polvos vegetales, y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Colegio de Postgraduados/USAID/CONACYT/BORUCONSA. México. 35 p.

Lagunes, A., y C. Rodríguez. 1989. Búsqueda de la tecnología apropiada para el combate de plagas del maíz almacenado en condiciones rústicas. CONACYT/Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 150 p.

Larrazín, P. 1994. Manejo integrado de plagas en granos almacenados. IPA La Platina 81: 10-16.

Rodríguez, C., y E. López. 2001. Actividad insecticida e insectática de la chilca (*Senecio salignus*) sobre *Zabrotes subfasciatus*. Manejo Integrado de Plagas 59: 19-26.

SAS Institute. 1998. SAS. Language Guide for Personal Computers release 6.03 Edition. SAS Institute. Cary. N.C. USA. 1028 p.

Silva, G., A. Lagunes, J. Rodríguez. 2003a. Control de *Sitophilus zeamais* (coleoptera:curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. Cien. Inv. Agr. 30: 153-160

Silva, G., D. Pizarro, P. Casals y M. Berti. 2003b. Evaluación de plantas medicinales en polvo para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado. Revista Brasileira de Agrociencia 9: 383-388.

Silva, G., P. González, R. Hepp, P. Casals. 2004. Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos inertes. Agrociencia 38: 529-536.

Subramanyam, B., and R. Roesli. 2000. Inert dust. In: B. Subramanyam y D. W. Hagstrum (eds). Alternatives to pesticides in stored-product IMP. Kluwer Academic Publishers. Boston, MA. USA. pp: 321-379.

Ware, G. 2000. The Pesticide Book. Thomson Publications. Fresno. California. USA. 417 p.