

Evaluación de la actividad insecticida de tierras de diatomeas de yacimientos argentinos

FUSÉ, C.B.¹; VILLAVERDE, M.L.¹; PADÍN, S.B.²; DE GIUSTO, M.³; JUÁREZ, M.P.¹

RESUMEN

El uso de tierras de diatomeas (TDs) como insecticida de bajo riesgo para la salud humana y el ambiente está registrado en numerosos países para la protección de granos almacenados. Se evaluó la capacidad insecticida de TDs obtenidas de yacimientos argentinos mediante bioensayos con coleópteros plaga de granos almacenados. Los resultados de estos ensayos se compararon con parámetros fisicoquímicos de las TDs (densidad aparente compactada, reducción del peso hectolítrico, adherencia al grano y pH), propuestos por Korunic (1997), como parámetros predictivos para la evaluación de la eficacia insecticida. Los resultados obtenidos por ambos métodos fueron concordantes y variaron en función del yacimiento y de la especie de insecto en estudio. La metodología descrita es un procedimiento sencillo y eficaz para efectuar una evaluación preliminar de la capacidad insecticida del material proveniente de diferentes canteras de tierra de diatomeas. Este estudio contribuirá a la evaluación económica de potenciales explotaciones de diversos yacimientos de TDs en territorio argentino.

Palabras clave: tierras de diatomeas, control natural, insectos plaga de granos almacenados.

ABSTRACT

The use of diatomaceous earth (DE) as insecticide of low health risk to humans and the environment is currently registered in many countries for use in stored grain protection. The insecticide efficacy of DE obtained from local deposits was evaluated in bioassays using stored product coleopteran pests. These information was compared to selected DE physicochemical parameters (tapped density, test weight reduction, grain adherence, and pH) already proposed as predictive parameters to evaluate insecticide efficacy (Korunic, 1997). The results obtained by both methods agreed, and depended on the DE deposit and the species under study. The methodology here described is simple and effective to achieve a preliminary evaluation of the insecticide efficacy of these different diatomite deposits. This study will contribute to estimate the economic viability of the potential utilization of different DE fields in Argentina.

Key words: diatomaceous earth, natural pest control, stored product insect pests.

¹INIBIOLP (CONICET, CCT La Plata) Facultad de Ciencias Médicas, UNLP. Calle 60 y 120, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: mjuarez@isis.unlp.edu.ar

²Cátedra de Terapéutica Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

³CIDEPINT (CIC-CONICET CCT, La Plata) Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCIÓN

La producción de cereales y oleaginosas constituye uno de los principales soportes de la economía nacional. El almacenamiento de granos surge como consecuencia de la aleatoriedad y estacionalidad de la producción agrícola. El consumo directo e industrialización dependen de la preservación de su calidad durante el transporte y almacenamiento. En la Argentina aproximadamente el 6% de la producción se pierde en la etapa de post-cosecha, debido a fallas en el transporte, el secado y, principalmente, por daño de insectos (Descamps *et al.*, 2004; Cassini, *et al.*, 2005). La merma se debe, en general, a la reducción del peso, calidad, valor comercial y poder germinativo de las semillas que condicionan la disponibilidad de alimentos y sus volúmenes exportables. Los insectos plaga de los granos almacenados ocasionan daños directos por el consumo y contaminación del producto, e indirectos, tales como el calentamiento del grano, desarrollo de hongos y micotoxinas (Lord, 2005; Dal Bello *et al.*, 2011). Los mayores perjuicios económicos son provocados por especies pertenecientes al orden Coleóptera, entre ellos *Tribolium castaneum* Herbst. (Tenebrionidae), *Sitophilus* sp (Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* Fabr. (Bostrichidae), *Oryzaephilus surinamensis* Linn. (Cucujidae) y *Acanthoscelides obtectus* Say (Bruchidae), entre otros (Fields, 1992; Padín *et al.*, 2002).

La agricultura sustentable requiere de nuevas alternativas de control que permitan reducir o eliminar la aplicación de insecticidas tradicionales basados en el uso de fumigantes y productos químicos persistentes con alto impacto ambiental. Las tendencias actuales en el manejo integrado de plagas (MIP) se orientan hacia la preservación del ambiente junto al uso de métodos de bajo impacto y pesticidas naturales de escasa toxicidad, entre los que se encuentran las tierras de diatomeas (Korunic 1997, 1998; Arthur, 2000; Lord, 2001; Dal Bello *et al.*, 2006). Los primeros casos documentados sobre el empleo de polvos inertes para el control de insectos datan de alrededor del año 2000 A.C. y se refieren al control de plagas con tierra de diatomeas (TD) en China (Allen, 1972). Las TDs son de origen sedimentario y están formadas por los restos fósiles de algas unicelulares de origen lacustre o marino. Estos sedimentos contienen principalmente las paredes celulares de las diatomeas (frústulos), compuestas por sílice amorfa. Según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud, la TD amorfa pertenece a la Clase III (WHO, 2009), considerada no tóxica para mamíferos (Quarles, 1992) y su uso en alimentos almacenados está autorizado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USA Federal Register, 1981), así como por la Administración de Drogas y Alimentos de USA (FDA) y organismos de control de la Unión Europea, entre otras. La FDA no fija un límite de residuo en cuanto a su utilización para el control de insectos en granos almacenados (USA Federal Register, 1961).

La producción mundial de TD durante el año 2011 fue de 1.800.000 Tm, de las cuales 50.000 Tm corresponden a la Argentina (United State Geological Survey Minerals Yearbook, 2011). De acuerdo a sus propiedades y calidad, las TDs tienen múltiples usos, se emplean para filtrar y clarificar alimentos y bebidas, en compuestos desodorizantes,

en moldes dentales, como antiaglomerante en alimentos para animales, entre otros. Las TDs de menor calidad se usan como sanitario higiénico para gatos. El empleo de TD en el control físico de insectos plaga posee alto valor agregado y están registradas como insecticida en diferentes países, principalmente, para la protección de granos almacenados, para uso doméstico y en cultivos protegidos (Golob, 1997; Korunic, 1998; Athanassiou *et al.*, 2007). A diferencia de los insecticidas químicos, la TD es un producto de baja toxicidad, tiene alto poder residual y se puede utilizar en la producción orgánica (Resolución N.º 423/92 de la Ex - Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación). El mecanismo de acción insecticida de la TD es por abrasión y adsorción de los lípidos cuticulares del insecto que produce la muerte por desecación (Korunic, 1998, Subramanyam and Roesli, 2000). Los lípidos que recubren la superficie de los insectos no sólo regulan el balance de agua evitando la desecación que resulta letal (Hadley, 1994; Gibbs, 1998), también tienen una participación relevante en la absorción de sustancias químicas e insecticidas, en la penetración de microorganismos y participan en procesos de comunicación química como feromonas de contacto (Juárez, 1994; Juárez y Calderón Fernández, 2007; Pedrini *et al.*, 2007; Blomquist, 2010). De este modo, aún la utilización de dosis subletales de TD puede afectar el ciclo de vida y/o la supervivencia de los insectos, en especial en presencia de otros agentes de control. En referencia a los coleópteros plaga de granos almacenados, Korunic y colaboradores (Korunic y Fields, 2006; Athanassiou y Korunic, 2007) y Akbar *et al.* (2004), demostraron que la susceptibilidad de los insectos a la TD es variable, dependiendo de la especie y estadio de desarrollo. Diferentes autores han reportado una elevada susceptibilidad a TD en adultos de *Sitophilus* spp, valores intermedios en *R. dominica*, en tanto que *T. castaneum* en estado adulto sería la especie más tolerante (Korunic, 1998; Fields and Korunic, 2000; Mewis and Ulrichs, 2001; Lord, 2007; Arnaud *et al.*, 2005; Athanassiou *et al.* 2007). Dall Bello *et al.*, (2006), demostraron que la combinación de TD con el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* incrementa significativamente el efecto bioinsecticida sobre adultos de *Acanthoscelides obtectus* y *Sitophilus oryzae*.

La actividad insecticida dependería de características fisicoquímicas de la TD, como el contenido de SiO₂, el tamaño de partícula, la capacidad de adsorción de lípidos y la presencia de impurezas (arcillas), entre otras, y estos parámetros varían con el origen de la muestra (Korunic, 1998). La evaluación de estos parámetros resulta costosa y requiere equipamiento especializado y la técnica más difundida es la utilización de bioensayos para evaluar la mortalidad. El desarrollo de bioensayos requiere de una abundante provisión de insectos, condiciones controladas, con un costo que puede ser considerable. Korunic (1997), evaluó la relación entre diferentes propiedades o características de la TD y su capacidad insecticida y determinó que la distribución del tamaño y forma de las partículas, así como el origen de la muestra (lacustre o marino), no se correlacionan con la eficacia insecticida de la misma. Sin embargo, la eficacia insecticida de las TDs se correlaciona

con la capacidad de reducir el peso hectolítrico del grano, la tendencia de las partículas a adherirse a la superficie del grano y el pH. Estos ensayos simples, rápidos y de bajo costo, fueron propuestos por Korunic (1997) como método alternativo para predecir la capacidad insecticida de las TDs.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad insecticida de TDs provenientes de diferentes yacimientos locales comparando los resultados obtenidos en bioensayos con la determinación de algunos parámetros físico-químicos. La estimación de la capacidad insecticida de yacimientos de TDs locales, aportará información de utilidad para su potencial explotación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de tierra de diatomeas fueron obtenidas de diferentes yacimientos ubicados en las provincias de Río Negro (RN) y San Juan (SJ). Las muestras de Río Negro corresponden a yacimientos de Ingeniero Jacobacci ubicados a 41° 18' de Latitud y 69° 35' de Longitud (La Josefina, RN 1 y RN 2). La TD de San Juan es un producto comercial (Agrominera Mercomen Group S.A.) mientras que TD Permaguard® es una tierra de diatomeas ampliamente utilizada, de origen lacustre (USA) y empleada en nuestro país como insecticida natural.

Bioensayos

Para los bioensayos se utilizaron ejemplares adultos no sexados de *T. castaneum*, *R. dominica* y *S. oryzae*, provenientes del insectario de la Cátedra de Terapéutica Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Los mismos fueron mantenidos en frascos de vidrio de 500 mL cubiertos con una red de tela fina, dentro de una cámara climatizada a 27 ± 2 °C y 70 ± 5% de H.R., con fotoperíodo de 12 hs / 12 hs luz: oscuridad. El alimento de los insectos fue grano de trigo entero para *S. oryzae* y *R. dominica*, en tanto que *T. castaneum* se mantuvo en una mezcla de harina de trigo (85%), levadura de cerveza (5%), germen de trigo (5%) y leche descremada en polvo (5%) (Padín *et al.*, 1995).

Los bioensayos se realizaron en frascos de vidrio de 250 mL con tapa perforada, se colocaron 20 g de trigo mezclado con la TD en la proporción a ensayar, luego se incorporaron 20 insectos de cada especie por frasco (cinco réplicas por tratamiento); los frascos se mantuvieron a 27 ± 2 °C y 40 % de H.R. La mortalidad se evaluó a los 7 y 14 días post-tratamiento. Las aplicaciones se efectuaron mediante la técnica de espolvoreo sobre granos de trigo entero a dos diferentes concentraciones (700 y 1500 ppm). Cada muestra fue agitada en forma manual durante un minuto. Para la corrección de los resultados de mortalidad obtenidos se empleó la fórmula de Schneider – Orelli, derivada de la fórmula de Abbott (Costa *et al.*, 1974):

% mortalidad corregido:

$$\left(\frac{\% \text{ mortalidad en tratados} - \% \text{ mortalidad en testigo}}{100 - \% \text{ mortalidad en testigo}} \right) * 100$$

Determinaciones físico-químicas

Las muestras de TDs se redujeron a bloques de 2 cm³ que, posteriormente, fueron molidas y tamizadas con un tamiz ASTM N.º 325 (American Society for Testing and Materials, USA, abertura de 45 µm). Con el material obtenido se realizaron las siguientes determinaciones, según metodología propuesta por Korunic (1997): densidad aparente compactada, valor pH, reducción del peso hectolítrico y adherencia al grano de trigo.

La densidad aparente sin compactar (DA s/C), se determinó al agregar lentamente TD hasta un volumen de 40 cm³ en un vaso graduado de 50 cm³, evitando movimientos bruscos que pudiesen compactarla. Se calculó la densidad aparente sin compactar mediante la relación entre el peso de TD utilizada y el volumen ocupado. La densidad aparente compactada (DAC) se determinó en condiciones similares, en este caso la muestra fue compactada mediante golpeteo sobre una superficie semirrígida, hasta volumen constante. Las densidades aparentes sin compactar y compactada se evaluaron sobre material seco, sin humedad higroscópica. El pH se midió en una suspensión de 2 g de TD en 18 mL de agua bidestilada, luego de un período de agitación de 15 segundos. El peso hectolítrico evalúa el peso de un determinado volumen de granos (Kg/Hl) y da un indicio del modo en que se acomodan los granos y el espacio libre que dejan entre sí. Se determinó según normas establecidas y se empleó una balanza de Schopper (Resolución N.º 1075/94, Ex-Secretaría de Agricultura y Pesca de la Nación). Se estableció por separado el peso hectolítrico de trigo y de trigo con 50 ppm de TD (0,025 g de TD / 500 g de trigo) a fin de establecer la variación en el peso hectolítrico causada por la TD. Para realizar el cálculo del porcentaje de adherencia se tamizó trigo mediante una zaranda ASTM N.º 10 (con malla de 2 mm de abertura) para eliminar las impurezas. Luego, en un recipiente de 1 L con tapa, se mezclaron 250 g de trigo limpio con 1000 ppm de cada una de las TD (0.25 g de TD / 250 g de trigo) y se agitó en forma manual durante un minuto para distribuir uniformemente la TD. Posteriormente, 100 g de cada mezcla fueron tamizados enérgicamente, durante un minuto empleando un tamiz N.º 10, con tapa y base. Se dejó decantar durante un minuto, se pesó el material presente en la base de la zaranda y se calculó el porcentaje de TD adherido al grano.

RESULTADOS

Bioensayos

Los bioensayos con TDs obtenidas de tres yacimientos locales (LJ, RN 1 y RN 2) y dos TDs comerciales (San Juan y Permaguard®), se realizaron mediante la comparación de dos concentraciones de TD (700 y 1500 ppm) y se evaluó la mortalidad a los 7 y 14 días de exposición (tablas 1 y 2).

Para *T. castaneum*, con la dosis de 700 ppm no se detectaron diferencias significativas entre las TDs ensayadas, con valores de mortalidad que no superaron el 14% (Permaguard®) a los 7 días. Luego de 14 días de exposición a las diferentes muestras de TDs, los valores de mortalidad

| TD | <i>T. castaneum</i> | | <i>R. dominica</i> | | <i>S. oryzae</i> | |
|-------------|---------------------|------------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | 7 días | 14 días | 7 días | 14 días | 7 días | 14 días |
| Permaguard® | 14,00 ± 4,00 a A | 82,00 ± 3,74 a B | 93,62 ± 4,26 a A | 97,78 ± 2,22 a A | 83,34 ± 4,76 a A | 100,00 ± 0,00 a B |
| La Josefina | 4,00 ± 2,45 a A | 34,00 ± 2,45 b B | 85,11 ± 6,38 a A | 93,33 ± 4,44 a A | 85,72 ± 8,75 a A | 100,00 ± 0,00 a A |
| RN. 1 | 4,90 ± 2,00 a A | 4,90 ± 2,00 c A | 40,43 ± 2,61 b A | 57,78 ± 2,22 b B | 42,86 ± 10,24 b A | 60,00 ± 12,29 b A |
| RN. 2 | 10,61 ± 4,76 a A | 12,65 ± 4,93 c A | 14,89 ± 3,36 c A | 28,89 ± 4,44 c B | 30,95 ± 4,46 b A | 85,71 ± 7,83 a B |
| San Juan | 1,63 ± 1,63 a A | 3,26 ± 2,00 c A | 8,93 ± 3,65 c A | 19,99 ± 6,48 c A | 35,71 ± 10,38 b A | 71,43 ± 9,04 a B |

Tabla 1. Porcentaje de mortalidad (media + EEM) de las especies *Tribolium castaneum*, *Rhyzopertha dominica* y *Sitophilus oryzae* a los 7 y 14 días de exposición a granos de trigo tratados con 700 ppm de tierras de diatomeas.

Valores seguidos por la misma letra en la columna no difieren estadísticamente entre sí. Prueba de Tukey ($P < 0,05$).

Diferentes letras mayúsculas en cada fila indican diferencias significativas en la mortalidad producida por la TD a los 7 y a los 14 días de exposición.

| TD | <i>T. castaneum</i> | | <i>R. dominica</i> | | <i>S. oryzae</i> | |
|-------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | 7 días | 14 días | 7 días | 14 días | 7 días | 14 días |
| Permaguard® | 58,00 ± 11,13 a A | 100,00 ± 0,00 a B | 91,49 ± 6,20 a A | 95,56 ± 4,44 a A | 85,72 ± 4,46 a A | 100,00 ± 0,00 a A |
| La Josefina | 16,00 ± 6,00 b A | 98,00 ± 2,00 a B | 78,72 ± 3,36 a A | 88,89 ± 3,51 a A | 88,10 ± 3,77 a A | 100,00 ± 0,00 a A |
| RN. 1 | 3,67 ± 3,67 b A | 6,94 ± 3,39 b A | 29,79 ± 7,22 b A | 42,22 ± 8,17 b A | 66,67 ± 4,45 a A | 82,86 ± 5,35 b B |
| RN. 2 | 5,31 ± 3,63 b A | 16,33 ± 3,82 b A | 10,64 ± 4,25 b A | 17,78 ± 8,31 b A | 76,19 ± 8,42 a A | 97,14 ± 2,86 a A |
| San Juan | 6,94 ± 3,39 b A | 8,57 ± 2,92 b A | 17,02 ± 6,20 b A | 31,11 ± 5,44 b A | 83,34 ± 2,92 a A | 100,00 ± 0,00 a B |

Tabla 2. Porcentaje de mortalidad (media + EEM) de las especies *Tribolium castaneum*, *Rhyzopertha dominica* y *Sitophilus oryzae* a los 7 y 14 días de exposición a granos de trigo tratados con 1500 ppm de tierras de diatomeas.

Valores seguidos por la misma letra en la columna no difieren estadísticamente entre sí. Prueba de Tukey ($P < 0,05$).

Valores seguidos por letras mayúsculas comparan la mortalidad producida por la TD a los 7 y a los 14 días de exposición.

fueron significativamente diferentes para Permaguard® (82%) y LJ (34,00%), mientras que los resultados obtenidos con las muestras restantes no variaron significativamente en función del tiempo (tabla 1).

A la dosis más alta (1500 ppm), a los 7 días se obtuvo 58% de mortalidad con Permaguard®, en tanto que con las TDs locales los porcentajes de mortalidad fueron muy bajos. Sin embargo, el porcentaje de mortalidad obtenido con LJ alcanzó el 98% a los 14 días, similar al resultado obtenido con Permaguard® (100%) y la eficacia de las restantes TDs no varió significativamente con mayor tiempo de exposición (tabla 2). Los valores de mortalidad para *R. Dominica* superaron el 85% a los 7 días, tanto con LJ como con Permaguard® (700 ppm), sin diferencias significativas entre ambas TDs ni en función del tiempo. Estos valores fueron significativamente diferentes para las otras TDs en ambos períodos de ensayo. Valores intermedios de mortalidad se obtuvieron para RN 1, con diferencias significativas a los 7 y 14 días (tabla 1).

A mayor dosis no se observaron diferencias significativas en la mortalidad entre LJ y Permaguard®; ambas significativamente diferentes del resto de las TDs, tanto a los 7 como

a los 14 días. No se observaron diferencias significativas en la mortalidad de *R. dominica* en función del tiempo de exposición, con ninguna de las TDs ensayadas (tabla 2). En cuanto a la especie más susceptible, *S. oryzae*, a los 7 días se obtuvieron valores de mortalidad superiores al 80% a la dosis más baja, tanto con Permaguard® como con LJ, que alcanzaron el 100% a los 14 días. A los 7 días, se obtuvieron resultados significativamente diferentes con las otras TDs, que a su vez mostraron incrementos significativos en la mortalidad a los 14 días (excepto RN 1), sin diferencias significativas con Permaguard® y LJ a los 14 días (tabla 1). A la dosis más alta, no se observan diferencias significativas a los 7 días. A mayor tiempo de exposición, se alcanzan valores aproximados al 100%, excepto para RN 1 (tabla 2).

Determinaciones fisicoquímicas

Los parámetros físico-químicos analizados en las TDs provenientes de yacimientos locales y su comparación con dos TDs comerciales (San Juan y Permaguard®) se muestran en la tabla 3, junto con los valores de referencia sugeridos por Korunic (1997).

La densidad aparente compactada de LJ fue de 270 g/L, y la de Permaguard® de 286 g/L. En el resto de las TDs, los valores superaron ampliamente los del valor de referencia (≤ 300) y variaron entre 370 y 1005 g/L. El pH de las muestras de LJ, RN 1 y Permaguard® fue menor o igual a 8,5, en tanto que las muestras de RN 2 y SJ, fueron las de mayor pH. Con respecto a la disminución del peso hectolítrico, todas las TDs analizadas mostraron valores relativamente bajos ($\leq 2,0$ Kg/hL). En la determinación de la adherencia, se obtuvieron valores similares para LJ y Permaguard® (88,3% y 88,1% respectivamente), con valores inferiores para las restantes TDs (73,4 - 83,6%). En cuanto a las características de los yacimientos, sólo se tuvo acceso a la cantera La Josefina, en la que los depósitos se desarrollan de manera mantiforme en una franja de 80 km en dirección N-S y 40 km E-O, con espesores variables que superaron, en algunos sectores, los dos metros. Generalmente presenta intercalaciones de delgados estratos de ceniza volcánica. Los mantos con mayor contenido de frústulos de diatomeas corresponden a los que se hallan debajo de las coladas basálticas que coronan las mesetas en la zona (De Giusto, comunicación personal).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis de la mortalidad (tablas 1 y 2) evidencia que la TD Permaguard® y la extraída del yacimiento LJ, poseen una actividad semejante sobre las tres especies estudiadas, excepto a 700 ppm de LJ en *T. castaneum*. La baja eficacia de las TDs restantes no se modifica con la concentración y es importante destacar que estas TDs contenían abundante cantidad de arcilla (De Giusto, comunicación personal). Las muestras de TD locales no fueron purificadas, a diferencia de Permaguard®, que es un producto comercial. En los ensayos con *R. dominica*, los mayores porcentajes de mortalidad se obtuvieron con Permaguard® y LJ, con resultados similares a 700 y 1500 ppm que son valores significativamente diferentes de los obtenidos con las restantes TDs. Sólo RN 1 presentó actividad insecticida intermedia, que tampoco varió con la concentración. En

cuanto a *S. oryzae*, la especie más susceptible, todas las TDs fueron efectivas a 700 ppm, excepto RN 1. En concordancia con los resultados de otros autores (Aldryhim, 1990; Mewis & Ulrichs, 2001; Korunic & Fields, 2006), *R. dominica*, *S. oryzae* y *T. castaneum* muestran diferente susceptibilidad a la TD. *T. castaneum* es la especie más tolerante, *R. dominica* presenta valores intermedios de susceptibilidad, en tanto que *S. oryzae* es la especie más susceptible.

En cuanto al empleo de parámetros físico-químicos para la predicción de la capacidad insecticida de las TDs, Korunic (1997), destacó la utilidad de ciertos parámetros tales como la densidad aparente compactada, el pH, el efecto sobre el peso hectolítrico y la adherencia al grano de trigo como parámetros predictivos más relevantes. Tanto Permaguard®, una TD comercial ampliamente utilizada en nuestro país, como las muestras obtenidas del yacimiento LJ mostraron valores de DAC y pH, cercanos a los propuestos por Korunic (1997). En cuanto a la adherencia al grano de trigo, todas las tierras de diatomeas ensayadas mostraron valores aceptables. Sin embargo, los valores de la disminución del peso hectolítrico fueron inferiores a 2,5 kg/Hl para todas las TDs analizadas. El peso hectolítrico es considerado un atributo de calidad en los cereales, valores altos del mismo se relacionan con granos de trigo que rinden mayores porcentajes de harina. Asimismo, los granos "chuzos" que no alcanzaron un desarrollo normal (ya sea por enfermedades, sequías u otras adversidades) tienen bajos valores, es por ello que los estándares de comercialización castigan a los cereales con valores bajos de peso hectolítrico, rebajando su precio o rechazando la mercadería. Las muestras del yacimiento LJ tendrían un potencial insecticida semejante al de Permaguard®, de calidad intermedia, en tanto que las restantes tierras de diatomeas ensayadas tendrían una capacidad inferior.

Este es el primer trabajo que evalúa la capacidad insecticida de tierras de diatomeas obtenidas de yacimientos locales. La predicción del potencial insecticida en base a parámetros físico-químicos resulta sencilla, rápida y de bajo

| Determinaciones físico-químicas | Tierras de diatomeas | | | | | Valores de referencia (1) |
|---------------------------------------|----------------------|-------------|-------|-------|----------|---------------------------|
| | Permaguard® | La Josefina | RN. 1 | RN. 2 | San Juan | |
| Densidad aparente Compactada (g/l) | 286 | 270 | 370 | 550 | 1005 | ≤ 300 |
| pH | 8 | 8,4 | 8,5 | 8,7 | 8,8 | $\leq 8,5$ |
| Disminución Peso Hectolítrico (kg/hl) | 2,2 | 2 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | $> 2,5$ |
| Adherencia al grano de trigo(%) | 88,1 | 88,3 | 83,6 | 80,4 | 73,4 | ≥ 70 |

Tabla 3. Parámetros físicoquímicos de tierras de diatomeas locales.

n = 2

¹En la última columna se muestran los valores de referencia de estos parámetros (Korunic, 1997).

costo y permitiría determinar las etapas de purificación necesarias. Estas estimaciones mostraron concordancia con los resultados de las pruebas biológicas.

La explotación de yacimientos locales de TD se beneficiaría con un importante valor agregado incorporando la utilización de este producto para el control de insectos. Por ello, se propone una evaluación preliminar determinando los parámetros fisicoquímicos, y su posterior verificación de eficacia de la TD purificada mediante bioensayos. Dada la gran variabilidad en susceptibilidad reportada para diferentes poblaciones de *T. castaneum*, la selección óptima de la TD o mezcla de TD a utilizar, debería efectuarse empleando ejemplares de la población a controlar. Asimismo, es probable que la combinación de una TD con alta capacidad de absorción/adsorción, junto con otra por ejemplo, de menor tamaño de partícula, resulte en una mayor eficacia insecticida. El avance en estas investigaciones contribuirá a reducir el empleo de insecticidas químicos, lo que es de especial importancia en el mercado de productos orgánicos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el aporte de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica a través del PICT 2004-25479. Se agradece a la Ing. Agr. Marilina Basso por su colaboración en la realización de los bioensayos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALDRYHIM, Y.N. 1990. Efficacy of the amorphous silica dust, Dryacide, againsts *Tribolium confusum* Duv. and *Sitophilus granarius* (L.). (Coleoptera: Tenebrionidae and Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 26 (4), 207-210.
- ALLEN, F. 1972. A natural earth that controls insects. Org. Gard. & Farm. 19, 50-56.
- AKBAR, W.; LORD, J.; NECHOLS, J.; HOWARD, W. 2004. Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment. J. Econ. Entomol. 97 (2), 273-280.
- ARNAUD, L.; LANG, H.T.T.; BROSTAU, Y.; HAUBRUGE, E. 2005. Efficacy of diatomaceous earth formulations admixed with grain against populations of *Tribolium castaneum*. J. of Stored Prod. Res. 41 (2), 121-130.
- ARTHUR, F.H. 2000. Toxicity of diatomaceous earth to red flour beetles and confused flour beetles (Coleoptera: Tenebrionidae): Effects of temperature and relative humidity. J. of Econ. Entomol. 93 (2), 526-532.
- ATHANASSIOU, C.G.; KAVALLIERATOS, N.G.; MELETSIS, C.M. 2007. Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations, applied alone or in combination, against three stored-product beetle species on wheat and maize. J. of Stored Prod. Res. 43 (4), 330-334.
- ATHANASSIOU, C.G.; KORUNIC, Y.Z. 2007. Evaluation of two new diatomaceous earth formulations, enhanced with abamectin and bitterbarkomycin, against four stored-grain beetle species. J. of Stored Prod. Res. 43, 468-473.
- BLOMQUIST, G.J.; BAGNERES, A-G. 2010. History and overview of insect hydrocarbons. pp 3-18. En: Insect Hydrocarbons: Biology, Biochemistry and Chemical Ecology, Cambridge Press. G. J. Blomquist and A-G Bagnères (Eds.).
- CASSINI, C.; RODRIGUEZ, J.; BARTOSIK, R.; PEIRETTI, J.; CABRAL, G. 2005. TRIGO Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de granos. Manual Técnico N.º 1. Sección Postcosecha. Ediciones INTA. 120 pp.r
- COSTA, J.J.; MARGHERITIS, A.E.; MARSICO, O.J. 1974. Introducción a la Terapéutica Vegetal. Editorial Hemisferio Sur. Primera Edición. 534 pp.
- DAL BELLO, G.; PADÍN, S.; JUÁREZ, P.; PEDRINI, N.; DE GIUSTO, M. 2006. Biocontrol of *Acanthoscelides obtectus* and *Sitophilus oryzae* with diatomaceous earth and *Beauveria bassiana* on stored grains. Biocontrol Science and Technology. 16 (1), 215-220.
- DAL BELLO, G.; FUSÉ, C.; JUÁREZ, P.; PEDRINI, N.; IMAZ, A.; PADÍN, S. 2011. Insecticidal effect of fenitrothion, diatomaceous earth and *Beauveria bassiana* against Coleopteran pests on stored grain. Integrated Protection of Stored Products IOBC/wprs Bulletin Vol. 69, 175-180
- DESCAMPS, L.R.; REVIRIEGO, M.E.; SUÁREZ, A.A.; FERREIRO, A.A. 2004. Reproducción de *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) y de *Tribolium castaneum* Herbst. (Coleoptera: Tenebrionidae) en cultivares de trigo argentinos Bol. San. Veg. Plagas, 30 (1), 171-176.
- FEDERAL REGISTER. <https://www.federalregister.gov/>
- FIELDS, P.G. 1992. The control of stored product insects and mites with extreme temperatures. J. Stored Prod. Res. 28 (2), 89-118
- FIELDS, P. 2006. Alternatives to chemical control of stored-product insects in Temperate regions. 9th International Working Conference on Stored Product Protection pp 653 - 662.
- FIELDS, P.; KORUNIC, Z. 2000. The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. J. Stored Prod. Res. 36 (1), 1-13.
- GIBBS, A.G. 1998. Water-proofing properties of cuticular lipids. *Am Zool.* 38, 471-482.
- GOLOB, P. 1997. Current Status and Future Inert Dusts for Control of Insects J. Stored Prod. Res. 33 (1), 69-79.
- HADLEY, N.F. 1994. *Water relations of terrestrial arthropods*. San Diego, California, Academic Press. 356 pp
- JUÁREZ, M.P. 1994. Inhibition of cuticular lipid synthesis and its effect on insect survival. *Arch Insect Biochem Physiol.* 25 (3), 177-191.
- JUÁREZ, M.P.; CALDERÓN FERNÁNDEZ, G. 2007. Cuticular hydrocarbons of triatomines. *Comp. Biochem. and Physiol. Molecular and Integrative Physiology* 147, 711-130.
- KORUNIC, Z. 1997. Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. J. Stored Prod. Res. 33 (3), 219-229.
- KORUNIC, Z. 1998. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. J. of Stored Prod. Res. 34 (2/3), 87-97.
- KORUNIC, Z.; FIELDS, P. 2006. Susceptibility of three species of *Sitophilus* to diatomaceous earth. 9th International Working Conference on Stored Product Protection. pp 681-685.
- LORD, J.F. 2001. Desiccant dusts synergize the effect of *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes: Moniliales) on stored-grain beetles. J. of Econ. Entom. 94, 367- 372.
- LORD, J.F. 2005. Stored grain and flour insects and their management. En: *Encyclopedia of Entomology*. Part 19. pp 2133-2138. Springer Netherlands Publishers.
- LORD, J.F. 2007. Desiccation increases the efficacy of *Beauveria bassiana* for stored-grain pest insect control. J. Stored Prod. Res. 43 (4), 535-539.
- MEWIS, I.; ULRICHS, M. 2001. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tri-*

bolium confusum, *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius* and *Plodia interpunctella*. *J. Stored Prod. Res.* 37(1), 153-164

PADÍN, S.; DAL BELLO, G.; VASICEK, A. 1995. Potencial bioinsecticida de hongos entomopatógenos de plagas en granos almacenados. *Revista de la Facultad de Agronomía de Buenos Aires (UBA)* 15 (1), 1-7.

PADÍN, S.; DAL BELLO, G.; FABRICIO, M. 2002. Grain loss caused by *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* and *Acanthoscelides obtectus* in stored durum wheat and beans treated with *Beauveria bassiana*. *J. Stored Prod. Res.* 38 (1), 69-74.

PEDRINI, N.; JUÁREZ, M.P.; CRESPO, R. 2007. Biochemistry of insect epicuticle degradation by entomopathogenic fungi. *Comp. Biochem. and Physiol. Toxicology & Pharmacology* 146, 124-137.

QUARLES, W. 1992. Diatomaceous earth for pest control. *IPM Practitioners* 14 (5/6), 1-11.

EX - SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN.

REPUBLICA ARGENTINA. Resolución N.º 423/92 Reglamenta la producción y elaboración de alimentos orgánicos, ecológicos o biológicos.

EX - SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN.

REPUBLICA ARGENTINA. Resolución N.º 1075/94. Normas de calidad para la comercialización de granos y subproductos. Norma XXVI. Metodologías varias. P 140.

SUBRAMANYAM, B.H.; ROESLI, R. 2000. *Inert dusts*, pp. 321-380. *En: Alternatives to pesticides in stored-product IPM*. Subramanyam, B.H. and Hagstrum, D.W. (eds.). Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts.

WHO, 2009. The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification; IPCS-IOMC: 81pp

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY MINERALS YEAR-BOOK. 2011. Vol. I: Metals and Minerals. U.S. Department of Interior. U.S. Geological Survey. URL: <http://usgs.gov/default.asp>.