

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA



**“ACTIVIDAD INSECTICIDA Y ACCIÓN RESIDUAL DEL
SPINOSAD SOBRE *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY, 1855
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN GRANOS DE MAÍZ Y
TRIGO ALMACENADOS”**

Presentado por:

JOEL VLADIMIR ROMERO NEYRA

TESIS PARA OPTAR POR EL TITULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

Lima – Perú

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**“ACTIVIDAD INSECTICIDA Y ACCIÓN RESIDUAL DEL SPINOSAD
SOBRE *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY, 1855 (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE) EN GRANOS DE MAÍZ Y TRIGO
ALMACENADOS”**

Presentado por:

JOEL VLADIMIR ROMERO NEYRA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRONOMO**

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. Mg. Sc. Luis Beingolea Peña
PRESIDENTE

Dr. Javier Vásquez Castro
PATROCINADOR

Ing. Mg. Sc. Mónica Narrea Cango
MIEMBRO

Dr. Agustín Martos Tupes
MIEMBRO

Lima - Perú

2016

DEDICATORIA

A mis padres

Héctor Romero Castillo

Consuelo Neyra Rojas

Por darme la vida y por qué siempre me apoyaron y estuvieron con migo, por su sabios consejos y esa confianza que depositaron en mí. Porque todo lo que soy se lo debo a ellos. Gracias.

A mis hermanos

Juana Romero

Hubert Romero Neyra

Yesela Romero Neyra

Mariela Romero Neyra

Yenner Romero Neyra

Por el apoyo moral que me brindaron y porque siempre están con migo en los momentos felices y los momentos más difíciles, y por todos los sacrificios que hicieron por mí.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios por darme salud, y haberme permitido alcanzar una meta más en mi vida y cumplir un sueño al culminar mi carrera
- A la Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima - Perú por darme las herramientas y permitirme formarme como un profesionalista, por siempre orgulloso de mi “**ALMA MATER**”.
- Un agradecimiento especial al Dr. Javier Alberto Vasquez Castro, Patrocinador de la presente tesis por su constante orientación y valioso apoyo en la ejecución de este trabajo.
- A todos y cada uno de los profesores de la UNALM y en especial a los de Facultad de Agronomía por sus valiosas e importantes enseñanzas brindadas durante mi permanencia como alumno de la facultad.
- A mi amigo Armando Noriega, por acompañarme en la ejecución del presente trabajo desde el inicio hasta el final.
- A todos aquellos que estuvieron aunque sea por un momento ayudándome en la ejecución de este trabajo.

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN LITERARIA	1
2.1 IMPORTANCIA DE LAS PLAGAS DE GRANOS ALMACENADOS	3
2.2 <i>Sitophilus zeamais</i> Motsch	4
2.2.1 Origen y Distribución	5
2.2.2 Posición Sistemática	5
2.2.3 Descripción y Biología	6
2.3 CONTROL DE INSECTOS DE GRANOS ALMACENADOS	7
2.4 SPINOSAD	8
2.4.1 Origen de Spinosad	8
2.4.2 Composición Química	9
2.4.3 Propiedades Físico Químicas	9
2.4.4 Estabilidad	10
2.4.5 Modo de Acción	11
2.4.6 Toxicología del Spinosad	12
2.4.7 Desarrollo de Resistencia	13
2.4.8 Residualidad de Spinosad	14
III. MATERIAL Y MÉTODOS	15
3.1 LUGAR DE ESTUDIO:	15
3.2 MATERIALES Y EQUIPO	15
3.2.1 Materiales de Laboratorio	15
3.2.2 Características de los Granos Almacenados	15
3.3 METODOLOGÍA	16
3.3.1 Insectos	16
3.3.2 Insecticida	16
3.3.3 Tratamiento de granos y bioensayos	16
3.3.4 Unidades experimentales	17

3.3.5	Diseño Experimental	18
3.3.6	Análisis Estadístico	18
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	21
4.1	MORTALIDAD	21
V.	CONCLUSIONES	29
VI.	RECOMENDACIONES	30
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA	31
VIII.	ANEXOS	37

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Diseño experimental de los experimentos para el experimento N°1.	19
Cuadro 2: Diseño experimental de los experimentos para el experimento N°2.	20
Cuadro 3: ANVA, Parámetros para los efectos principales y sus interacciones asociados para los niveles de mortalidad de adultos de <i>S. zeamais</i> después de la exposición sobre diferentes tipos de granos con varias dosis de Spinosad en siete intervalos de tiempo.	21
Cuadro 4: ANVA, Parámetros para los efectos principales y sus interacciones asociados para los niveles de producción de progenie de <i>S. zeamais</i> después de la exposición sobre diferentes tipos de granos con varias dosis de Spinosad en siete intervalos de tiempo.	25

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Estructura química Spinosad: Spinosyn A (R=H) + Spinosyn D (R=CH ₃)	10
Figura 2: Modo de acción del Spinosad.	12
Figura 3: Comparación de medias de los porcentajes promedio (+/- Error Estándar) de la mortalidad de adultos de <i>S. zeamais</i> después de la exposición a granos de maíz y trigo tratados con Spinosad, según test de Tukey.	22
Figura 4: comparación de las medias de Porcentaje promedio (+/- Error Estándar) de la mortalidad de adultos de <i>S. Zeamais</i> después de la exposición sobre granos almacenados tratados con cinco dosis de Spinosad, según test de tukey.	23
Figura 5: Comparación de medianas de porcentaje promedio (+/- Error Estándar) de la mortalidad de adultos de <i>S. zeamais</i> después de la exposición sobre granos almacenados tratados con Spinosad en tiempos de hasta 180 días, según test de tukey.	24
Figura 6: Temperatura ambiente promedio mensual de setiembre 2008 a setiembre 2009 sobre puesto sobre la Comparación de medianas de porcentaje promedio de la mortalidad de adultos de <i>S. zeamais</i> después de la exposición sobre granos almacenados tratados con Spinosad en tiempos de hasta 180 días, según test de tukey.	25
Figura 7: Comparación de medias del número de individuos (+/- Error Estándar) de la progenie F1 de <i>S. zeamais</i> después de la exposición a granos maíz y trigo tratados con Spinosad, según test de tukey	26
Figura 8: Comparación de medias del número de individuos (+/- Error Estándar) de la progenie de <i>S. zeamais</i> después de la exposición sobre granos almacenados tratados con cinco dosis con Spinosad, según test de tukey	27
Figura 9: comparación de medias del número de individuos (+/- Error Estándar) de la progenie de <i>S. zeamais</i> después de la exposición sobre granos almacenados tratados con Spinosad en tiempos de hasta 240 días, según test de tukey.	28

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Evaluación de la actividad insecticida del Spinosad sobre <i>sitophilus zeamais</i> Mostchulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) en granos de maíz y trigo almacenados	38
Anexo 02: Evaluación de la acción residual del Spinosad sobre <i>sitophilus zeamais</i> Mostchulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) en granos de maíz y trigo almacenados	39
Anexo 03: Evaluación de la acción residual del Spinosad sobre <i>sitophilus zeamais</i> Mostchulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) en granos de maíz y trigo almacenados expresado en porcentaje.	40
Anexo 04: Corrección de la evaluación de la actividad insecticida según la fórmula de aboott y expresado en porcentaje en granos de maíz en almacén.	41
Anexo 05: Corrección de la evaluación de la actividad insecticida según la fórmula de aboott y expresado en porcentaje en granos de trigo en almacén.	42
Anexo 06: Comparación de medias de los porcentajes promedio (+/- error estándar) de la mortalidad de adultos de <i>s. Zeamais</i> después de la exposición a granos de maíz y trigo tratados con spinosad, según test de tukey.	43
Anexo 07: Comparación de las medias de porcentaje promedio (+/- error estándar) de la mortalidad de adultos de <i>s. Zeamais</i> después de la exposición sobre granos almacenados tratados con cinco dosis de spinosad, según test de tukey	43
Anexo 08: Comparación de medianas de porcentaje promedio (+/- error estándar) de la mortalidad de adultos de <i>s. Zeamais</i> después de la exposición sobre granos almacenados tratados con spinosad en tiempos de hasta 180 días, según test de tukey.	43
Anexo 09: Comparación de medias del número de individuos (+/- error estándar) de la progenie f1 de <i>s. Zeamais</i> después de la exposición a granos maíz y trigo tratados con spinosad, según test de tukey	44
Anexo 10: Comparación de medias del número de individuos (+/- error estándar) de la progenie de <i>s. Zeamais</i> después de la exposición sobre granos almacenados tratados con cinco dosis con spinosad, según test de tukey	44
Anexo 11: Comparación de medias del número de individuos (+/- error estándar) de la progenie de <i>s. Zeamais</i> después de la exposición sobre granos almacenados tratados con spinosad en tiempos de hasta 240 días, según test de tukey	44
Anexo 12: Datos de temperatura ambiente del centro meteorológico Alexander Von Humboldt	45

I. INTRODUCCIÓN

La pérdida por el ataque de las plagas en granos almacenados es cuantiosa a nivel mundial. Según la FAO esas pérdidas son alrededor del 10% de la cosecha de los cereales (Beskow & Deckers, 2002). Esto se agrava en los lugares tropicales, pues las altas temperaturas favorecen el crecimiento poblacional de la plaga. Es así, que debido a su alto potencial biótico, *Sitophilus zeamais* Motsch es considerada una de las plagas más destructivas que atacan los granos almacenados. Debido a su importancia, muchos estudios sobre control químico de esta plaga han sido realizados, aunque con resultados poco alentadores.

Existen dos factores íntimamente relacionados al problema en referencia, el primero de ellos es la restricción cada vez mayor de diversos mercados a recibir productos con residuo de plaguicidas. Por eso, la tendencia actual en los mercados internacionales es disminuir los valores de límites máximos de residuos (LMR's) y la lista de productos químicos autorizados (Vásquez-Castro, 2012). El segundo factor a considerar es la resistencia que puedan evolucionar los insectos debido a la poca diversidad de moléculas en las listas de productos autorizados. (Daglish y Wallbank, 2002).

Es Así, la búsqueda de nuevos productos de baja toxicidad para el hombre y de diferente modo de acción sobre la plaga es una necesidad primaria.

El Spinosad es un insecticida derivado de bacterias, el cual posee un modo de acción distinto a las moléculas convencionales, constituyendo una herramienta importante para el manejo de la resistencia, además, las pruebas toxicológicas crónicas en mamíferos han demostrado que el Spinosad no tiene efecto carcinogénico, teratogénico o mutagénico. Además, la importancia de la formulación líquida del Spinosad, radica en su fácil aplicación y uso (Bret, 1997). Existen almacenes, generalmente en países en vías de desarrollo, en donde no se pueden controlar plagas con insecticidas gaseosos debido a la falta de infraestructura, daños colaterales al medio ambiente y problemas por intoxicación a los operarios. En Perú, los insecticidas de formulación líquida actualmente registrados para granos almacenados han resultado ser muy tóxicos para el hombre.

Es en estos lugares en donde el Spinosad puede funcionar como una alternativa más adecuada a nuestras condiciones, en donde muchos de los agricultores guardan sus granos a la espera de un aumento en el precio de los granos, además se sabe que el Spinosad es un producto poco estudiado en granos de almacén aunque el uso del producto en campos de cultivos es más frecuente por la cantidad estudios que lo permiten.

Este trabajo propone la adopción del Spinosad en almacenes, por lo que se evaluó la respuesta al insecticida en el control de *Sitophilus zeamais* Motsch en granos almacenados. Para lograr este objetivo se plantearon los siguientes objetivos específicos que fueron evaluar el efecto insecticida y la acción residual del Spinosad sobre *Sitophilus zeamais* Motsch en granos de maíz y trigo almacenados, con el fin de obtener una dosis adecuada para el eficaz control de *Sitophilus zeamais* Motsch.

OBJETIVO PRINCIPAL

- Evaluar la respuesta insecticida Spinosad sobre *Sitophilus zeamais* Motsch en granos de maíz y trigo almacenados.

OBETIVOS SECUNDARIOS

- Evaluar la actividad insecticida del Spinosad sobre *Sitophilus zeamais* Motsch en granos de maíz y trigo almacenados.
- Evaluar la acción residual del Spinosad sobre *Sitophilus zeamais* Motsch en granos de maíz y trigo almacenados.
- Obtención de una dosis adecuadas del Spinosad para el eficaz control sobre *Sitophilus zeamais* Motsch en granos de maíz y trigo almacenados.

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1 IMPORTANCIA DE LAS PLAGAS DE GRANOS ALMACENADOS

Las plagas de insectos de granos almacenados causan reducciones en peso, calidad de grano, valor comercial y viabilidad de semilla.

Algunas de las principales causas del deterioro y pérdida de granos y semillas en el almacenamiento son, la humedad y la temperatura. El desarrollo de los insectos, así como la respiración de los granos se incrementan mucho más cuando estos dos factores actúan al mismo tiempo y en el mismo sentido (Ramírez, 1987). Es importante precisar que incluso bajo buenas condiciones de almacenaje, pérdidas frecuentes ocurren. Los agentes principales que causan pérdidas de productos almacenados son los microorganismos, insectos, ácaros, roedores y pájaros (Faroni, 1998; Lazzari, 1997).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), la producción mundial de trigo en el 2012 fue de 700 millones de toneladas, la producción mundial de maíz para el mismo período fue de 872 millones de toneladas. Se estima que las pérdidas cuantitativas anuales causadas por plagas durante el período de almacenamiento de granos están en el orden del 10 por ciento de la producción mundial, representando en ambos casos valores cercanos a los 21 mil millones de dólares (FAO, 2012).

Así, la pérdida conjunta de granos almacenados se estima en 234.8 millones de toneladas causada únicamente por insectos de granos almacenados, cifra que coincide con lo reportado por Almeida (1989), quien menciona que se pierde aproximadamente el 10% de la producción total mundial, referido sólo al ataque de los insectos al embrión y endospermo de las semillas, sin considerar los daños consecutivos causados por hongos (Almeida, 1989).

Sin embargo, se considera que las aproximaciones de los daños causados por plagas de granos almacenados son poco representativas ya que las mayores pérdidas ocurren en países subdesarrollados donde no existe información respecto a la adecuada conservación de granos almacenados (Genel y Barnes, 1958).

En los Estados Unidos de América, en donde se dispone de tecnología de almacenamiento se reporta una pérdida anual de 15 a 23 millones de toneladas de granos almacenados de los cuales cerca de 16 millones son destruidos directamente por insectos (Hall, 1971).

En el mundo las mayores pérdidas son registradas en el continente Africano, siendo destruido el 30 por ciento de su producción anual, mientras que en América Latina las pérdidas pueden llegar en algunos países al 50 por ciento (Hall, 1971).

Según datos del MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego) del año 2011, en el Perú, la producción de Trigo fue de 201 130 TM y la de Arroz y Maíz Amarillo Duro (MAD) en conjunto llegó a 3 882 mil TM. Se estima que las pérdidas de granos de Trigo, Maíz Amarillo Duro (MAD) y Arroz ocasionadas por insectos llegaron a las 40 000 TM, representando un aproximado de 11 millones de dólares (MINAGRI, 2013).

2.2 *Sitophilus zeamais* Motsch

El 75 por ciento de las plagas de insectos de granos almacenados son Coleópteros (Viñuela 1993) siendo los géneros más importantes *Sitophilus* y *Tribolium* (Marsans, 1987) y dentro de éstos *Sitophilus zeamais* Motsch. está considerado como la plaga de cereales almacenados de mayor importancia en el mundo (Champ y Dyte, 1976).

S. zeamais es la plaga más destructiva que ataca los granos de maíz almacenado, aunque también puede atacar otros cereales como el trigo, causando pérdidas cuantitativas y cualitativas (Gallo, 2002) y estimular las condiciones favorables para el ingreso de varios microorganismos, incluyendo los hongos toxígenos (Levic y otros, 2004).

(Larraín, 1994) señala que cerca de 10% de los granos de cereales pueden ser infestados por *S. zeamais* en el momento de la cosecha, y si la infestación continúa en el almacén, alrededor del 30 al 50% de los granos pueden estar dañados al cabo de seis meses.

Se presume que entre el 30 y 40% de la producción de maíz en América Latina, se pierde durante el almacenamiento (Lagunes, 1994). Para minimizar estas pérdidas, normalmente se utilizan insecticidas químicos sintéticos, pero con frecuencia conducen a problemas de resistencia en los insectos, contaminación del ambiente y presencia de residuos en alimentos. Además, con cierta frecuencia el uso de insecticidas convencionales en áreas rurales implica un riesgo elevado debido al desconocimiento sobre su uso adecuado (Silva, 2003).

En México la pérdida de peso de maíz durante el almacenamiento causado directamente por *S. zeamais* es del orden del 30 por ciento (Rodríguez, 1976). Una larva de *S. zeamais* puede comer hasta el 43 por ciento del peso del grano de arroz (Hozawa, 1930).

La infestación del maíz se produce casi exclusivamente en el campo. Muchos estudios han demostrado que *S. zeamais* es la única especie de este género que infesta el grano en el campo (Chesnut 1972, Hodges 1998).

2.2.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

El gorgojo del maíz *S. zeamais*, es un coleóptero perteneciente a la familia Curculionidae. Fue descrito por Motschulsky en 1855, como aclaración a la clasificación hecha por Linnaeus en 1763 del *S. oryzae*. Muchos autores relacionan *S. zeamais* y *S. oryzae* como una especie; pero en 1961 Kuschel propuso diferenciar ambas especies por medio de su genitalia. Es originario de la India, pero ha sido encontrado también en Europa y en regiones tropicales del mundo entero. Es una especie distribuida extensamente en los trópicos y subtrópicos, presente en países como Brasil, México, Colombia, Venezuela, Perú y Chile (Andrews y Quezada 1989). Actualmente *S. zeamais* es considerada una plaga cosmopolita, predominando en las regiones de climas tropicales y sub tropicales (Hall, 1971).

2.2.2 POSICIÓN SISTEMÁTICA

Koehler (1994) ubica a *S. zeamais* como a continuación se describe:

Reino: Animalia

Phyllum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Coléoptera

Suborden: Polyphaga

Superfamilia: Curculionoidea

Familia: Curculionidae

Subfamilia: Dryophthorinae

Tribu: Rhynchophorinae

Género: *Sitophilus*

Especie: *zeamais*

2.2.3 DESCRIPCIÓN Y BIOLOGÍA

Los adultos para esta especie son pequeños insectos con la longitud de 2.5 a 4 milímetro, color marrón oscuro a casi negro, con cuatro manchas rojizas en los élitros, visible después de la emergencia, puntos o agujeros en el tórax de forma redondeada o irregular, línea media del pronoto por lo general sin puntos. Alas bien desarrolladas, lo que le confiere capacidad de vuelo. Esta especie tiene las antenas en forma de codo, peculiar de los curculionidae. El pico del macho más corto, más ancho y con más puntos distintivos que el de la hembra. (Perez, 1998 y García, 1992).

Las larvas son amarillas claras en color con una cabeza más oscura, Engrosada en su parte media, relativa mente lisa. Palpos labiales por lo general con 7 u 8 papilas sensoriales apicales. (Mound, 1989; Booth 1990).

S. zeamais se desarrolla a una temperatura comprendida entre los 15 a 34 °C, siendo el rango óptimo de desarrollo de 27 a 31 °C y con una humedad relativa superior al 40 por ciento (Lorini, 2004).

El ciclo biológico de *S. zeamais* comienza por la postura de huevos en donde las hembras perforan el pericarpio del grano, y depositan en cada perforación un huevo que posteriormente es cubierto con una secreción, por lo que su presencia pasa inadvertida. *S. zeamais* se desarrolla en el interior del grano desde la etapa de huevo hasta adulto reproductivo (Serratos, 1993)

Cada hembra, deposita entre 300 a 400 huevos que tardan aproximadamente 6 semanas en transformarse en adulto. La larva se transforma en pupa y finalmente en adulto, dentro del grano. El adulto vive de 4 a 5 meses. La hembra alcanza su máxima actividad de oviposición después de 3 semanas de haber emergido. Al emerger el adulto deja típicos orificios en los granos (Athié y Paula, 2002).

Cuando el adulto se ha desarrollado, este permanece en el grano por varios días antes de emerger. La extensión de este periodo depende de la temperatura. El ciclo de vida completo comprende de entre 36.3 y 40.3 días a 27 y 25°C respectivamente. La duración de la fase inmadura depende de las condiciones de temperatura y humedad. Se considera que el primer instar larval es el estado de mayor susceptibilidad. Durante los primeros instares larvales el consumo de oxígeno aumenta drásticamente (3 y 4 instar). Los requerimientos alimenticios durante estas etapas se resumen en amilo-pectinas, proteínas, lípidos y ciertas vitaminas.

Durante la fase adulta los cambios en la temperatura fuera del intervalo de 15-30°C incrementa la mortalidad y la reducción en la humedad tiene el mismo efecto. Los adultos llegan a vivir hasta 30 semanas. La reproducción de estos insectos se considera que está en función de la densidad de población. Se sabe que se ajusta a una función hiperbólica y que el máximo de huevo generados por hembra en condiciones de baja densidad llega a ser de más de 50 por semana. La oviposición depende de factores ambientales entre las que se encuentran el sustrato, es decir, las características del grano, variaciones geográficas, densidad de población, competencia y presencia de parásitos (Dobie, 1974; Longstaff, 1981).

S. zeamais y en general todos los insectos del género *Sitophilus* han demostrado ser predominantemente fotonegativos (Richards, 1951).

2.3 CONTROL DE INSECTOS DE GRANOS ALMACENADOS

En el mundo y en el Perú, el control químico con insecticidas sintéticos es el más empleado para el control de gorgojos plagas de almacenes (White y Leesch 1996), por ser efectivo, de bajo costo y de fácil manejo (Harein y Davis 1992). Sin embargo, los insecticidas químicos generan efectos negativos en los seres humanos por su alta capacidad de bioacumulación y su poder residual prolongado. Una alternativa a este problema es el uso de productos naturales derivados de plantas, generalmente biodegradables y que no producen un desequilibrio en el ecosistema (Iannacone y Reyes, 2001).

Para el control químico de esta especie se utilizan generalmente insecticidas gaseosos como el fosforo de aluminio y el bromuro de metilo, aunque este último se ha dejado de utilizar debido a que contribuye al deterioro de la capa de ozono (WMO, 1995; Shaaya, 1997). A su vez, la resistencia al fosforo de aluminio ha sido reportada en varias especies de plagas (Chaudhry, 1999).

Los insecticidas residuales órgano fosforados más comunes en trigo almacenado son el malatión y el pirimifos-metil (Arthur y Zettler, 1991). Sin embargo *Sitophilus spp.* y otros insectos de granos almacenados han evolucionado un nivel considerable de resistencia a este tipo de insecticidas (Arthur y Zettler, 1991).

Los piretroides han resultado ser una alternativa a los insecticidas órgano fosforados, tomando en cuenta de que resultan ser económicamente más rentables y generalmente menos

tóxicos para los mamíferos, aunque la resistencia en este caso también está reportada (Arthur, 1996).

Por otro lado, a nivel mundial, la aspersión es el método de aplicación más importante para la protección de los granos almacenados, aunque este método es poco conocido en el Perú. (Vásquez-Castro 2008).

Las desventajas que presenta el uso de insecticidas órgano sintéticos en el control de plagas es cada día más evidente, ya que algunos son carcinogénicos, teratogénicos, producen esterilidad, dañan el sistema nervioso y afectan la salud de quienes los aplican y consumen alimentos con sus residuos (Soto, 2000). Debido a esto existe el Límite Máximo de Residuo (LMR) permitido por ley para cada producto agrícola (Vásquez-castro, 2006).

Sin embargo, los problemas causados por el mal uso de los insecticidas sintéticos han obligado a buscar nuevas alternativas de control, como es el uso de sustancias derivadas del metabolismo secundario de las plantas (Mareggiani, 2001).

2.4 SPINOSAD

2.4.1 ORIGEN DE SPINOSAD

Lilly Research Laboratories (LRL, Indianápolis, IN) a inicios de la década de los 80's inició un programa de investigación con el objetivo de encontrar nuevos productos naturales para la industria agrícola y farmacéutica. Se colectaron y analizaron diversas muestras de suelo de todo el mundo, Siendo los extractos de la fermentación de la muestra A83543, colectada en 1982 en el Caribe, activos sobre larvas de *Aedes aegypti* (Linneo, 1762) (Pineda, 2007).

La muestra A83543, fue bioensayada contra larvas de *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae) (Cramer, 1782) resultando tener actividad por contacto y propiedades antialimentarias (Thompson, 1997). Se caracterizó el microorganismo responsable de esta actividad insecticida siendo identificado como una nueva especie de actinomiceto, *Saccharopolyspora spinosa* (Mertz y Yao, 1990).

Saccharopolyspora spinosa (Clase: Actinobacteria, Orden: Actinomycetales, Familia: Pseudonocardiaceae) es un organismo gram positivo, aeróbico, filamentoso y compuesto por

hifas de largas cadenas de esporas amarillentas y en forma de espinas, el micelio aéreo es de color rosa-amarillento y el vegetativo café-amarillento (Liu, 2001).

En latín la palabra “*Saccharopolyspora*” significa azúcar con muchas esporas “*spinosa*” se refiere a la apariencia espinosa de las esporas (Thompson, 1997).

Saccharopolyspora spinosa produce a través del proceso de fermentación natural, más de 20 espinosinas con propiedades insecticidas, siendo las más abundantes la A y D (Liu *et al.*, 2001).

El Spinosad es un insecticida originado por la fermentación de la bacteria *Saccharopolyspora spinosa* (Mertz y Yao *et al.*, 1990), y presenta una elevada toxicidad sobre plagas del orden Lepidoptera, Diptera, y Thysanoptera, y algunas especies del orden Coleoptera y Ortoptera (Sparks 2001; Cloyd y Sadof, 2000; Peck y McQuate 2000; Thompson 2000).

2.4.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA

El Spinosad es una mezcla de espinosinas A y D (Bret *et al.*, 1997), el cual presenta efecto tóxico por ingestión y contacto (Adán, 1996, Liu, 1999, Wanner, 2000).

Spinosad es una lactona macrocíclica ya que está compuesta de cuatro anillos cíclicos, a los cuales se adhieren dos moléculas de azúcares en sus extremos, la forosamina y rhamnosa. (Cleveland, 2000). Las espinosinas A y D son iguales en estructura, excepto por el grupo metil adicional que presenta la espinosina D (Figura 2). Ambos metabolitos componen a la molécula en una proporción de 85 y 15 por ciento, respectivamente (Thompson, 2000).

2.4.3 PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS

Spinosad es un compuesto sólido, cristalino, de apariencia blanquecina y con un olor similar al de tierra mojada (Thompson *et al.*, 2000).

En agua, Spinosad tiene un pH de 7.74, es estable a iones metal por 28 días y tiene una vida media de tres años como material formulado. El compuesto es degradado por la luz ultra violeta y no es fitotóxico usado directamente. El compuesto no es volátil, ya que tiene una

presión de vapor de 1.3×10^{-10} Pa. Spinosad no es explosivo, y no reacciona con fosfato monoamónico, zinc o agua. Sin embargo presenta reacción con el permanganato de potasio (U.S. EPA, 2002).

Spinosad es soluble en agua y en solventes orgánicos comunes como la acetona, acetonitrilo, metanol y tolueno (British Crop Protection Council, 1997; Dow Agro Sciences, 1999; Saunders y Bret *et al.*, 1997; Thomson, 1998).

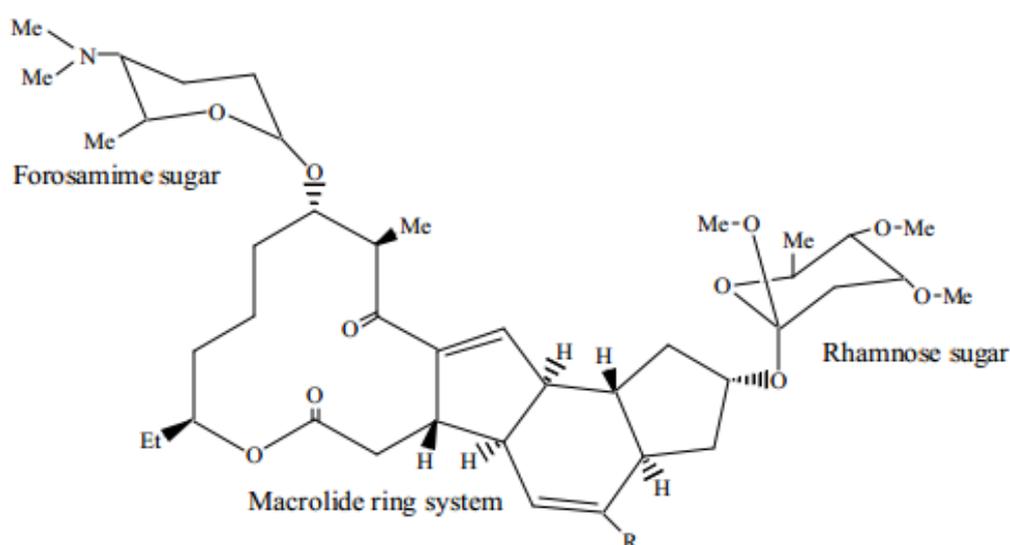


Figura 1: Estructura química Spinosad: Spinosyn A (R=H) + Spinosyn D (R=CH₃)
Dow Agrosiences (2003)

2.4.4 ESTABILIDAD

Ambas espinosinas A y D se descomponen cuando se mezclan con ácidos fuertes ($\text{pH} < 2$). La solución acuosa del Spinosad es estable en la oscuridad y presenta un valor de $\text{pH} = 7.74$. La solución en agua de Spinosad a un $\text{pH} = 7.0$ y 25°C presenta una vida media de un día expuesto a la luz solar. La vida media de Spinosad en el suelo es de aproximadamente dos semanas (Saunders and Bret, 1997).

2.4.5 MODO DE ACCION

Spinosad actúa como agonista de los receptores de la acetilcolina en el sistema nervioso central (Figura 2). El spinosad presenta una gran afinidad con los receptores de acetilcolina y en la neurona post-sináptica (Salgado 1997; 1998), siendo uno de los primeros síntomas la elevación del cuerpo causada por la extensión de las patas (Salgado, 1997). Contrariamente es poco afín con la enzima acetilcolinesterasa, siendo su degradación muy lenta, y llevando así a la hiper-exitación del sistema nervioso (Omoto, 2003).

Desde el punto de vista bioquímico, el Spinosad puede actuar de dos formas: i) tiene un efecto sinérgico sobre la actividad de la acetilcolina, ya que actúa sobre un sitio diferente del receptor postsináptico. Cuando la molécula de spinosad se fija sobre este receptor permite la entrada continua de cationes, provocando una excitación constante de la célula nerviosa (Salgado, 1997), ii) hay evidencia de que el Spinosad puede afectar a los receptores del ácido gamma-aminobutírico (GABA), neurotransmisor que activa los canales que permiten el flujo de los iones Cl⁻ hacia las células; en este caso no se conoce con certeza el modo de acción (Salgado, 1997; Watson, 2001).

Inmediatamente después y debido a la excitación del sistema nervioso, presentan contracciones musculares involuntarias, postración con temblores, parálisis y muerte (Cleveland et al., 2001). El incremento en la excitación nerviosa resulta de la activación persistente de los receptores acetilcolina-nicotínicos y de la respuesta de la acetilcolina, sin embargo esto se realiza de una forma distinta a como trabajan otras moléculas de neonicotinoides como el imidacloprid y la nicotina (Thompson *et al.*, 2000).

Se han observado síntomas específicos de intoxicación en larvas y adultos. En las larvas, los ganchos de las propatas y mandíbulas presentan movimientos continuos. Los adultos presentan inflamación de abdomen, batido incontrolado de alas y también pueden perder fluidos a través del ano (Cleveland *et al.*, 2001).

Spinosad es poco afín con la enzima acetilcolinesterasa, siendo su degradación muy lenta, llevando así a la hiper-exitación del sistema nervioso (Omoto, 2003).

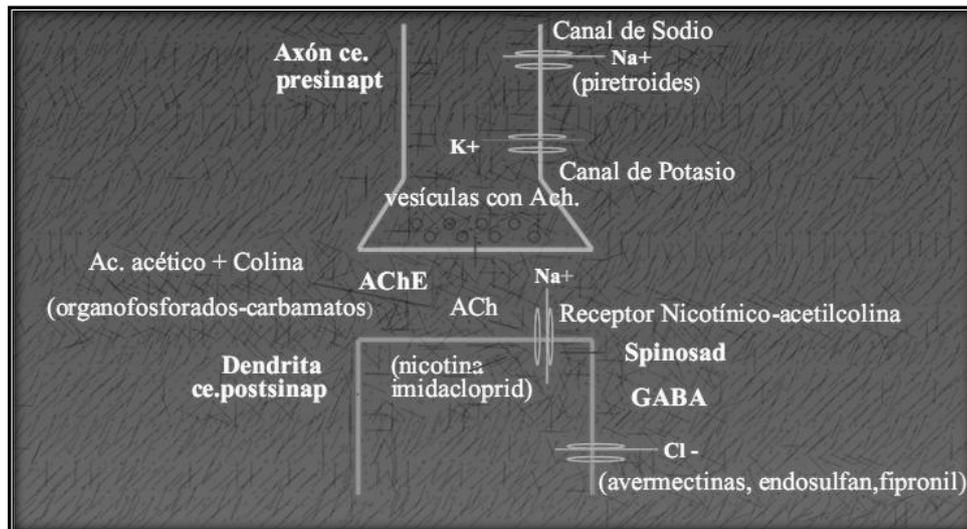


Figura 2: Modo de acción del Spinosad.

Dow Agrosciences (2003)

2.4.6 TOXICOLOGÍA DEL SPINOSAD

Toews (2003), encontró que era necesaria la aplicación de una dosis de 3.0 ppm de Spinosad en Trigo para el control de adultos de *S. oryzae*, la aplicación de este mismo compuesto a una dosis de 0.1 y 1.0 ppm, resultó efectivo contra adultos de *Rhizopertha dominica* (Fabricius, 1792) y previno el crecimiento poblacional de esta especie, también determinó que una dosis de 1.0 ppm fue necesaria para el control de *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1831), *Cryptolestes pusillus* (Schönherr, 1817) y *Tribolium confusum* (Jacquelin du Val, 1868).

Los primeros estadios de *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) fueron susceptibles a Spinosad a 1.0 ppm. *Oryzaephilus surinamensis* (Linneo, 1758) y *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) fueron las plagas menos susceptibles a Spinosad, presentando *Oryzaephilus surinamensis* (Linneo, 1758) una mortalidad de adultos del 60 por ciento a una dosis de 1.0 ppm y *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) una mortalidad de 25 por ciento a la misma dosis (Toews *et al.*, 2003).

Su uso está registrado para más de 100 cultivos en 24 países. El spinosad ha sido clasificado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) como *reduced-risk* o

de bajo riesgo toxicológico (Thompson y Hutchins, 1999). En el año 2005, los Estados Unidos de América autorizó el Spinosad a la dosis de 1 ppm, para la protección de productos almacenados, incluyendo el trigo, el maíz, el arroz, la avena, el sorgo y la cebada (Bruggink, 2005).

Bret *et al.* , (1997) reporta que la toxicidad oral de Spinosad es 5 a 10 veces mayor que la toxicidad de contacto.

2.4.7 DESARROLLO DE RESISTENCIA

En la actualidad por lo menos 536 especies de artrópodos han desarrollado resistencia hacia insecticidas químicos. La comercialización del Spinosad se inició a finales de los 90's y desde aquella época se ha utilizado intensivamente para el control de diversas plagas agrícolas (Zhao, 2006).

Las investigaciones de Australia demostraron que los insectos predominantes en los granos almacenados son resistentes a los insecticidas tradicionalmente utilizadas; pero susceptibles al spinosad en la dosis de 1 mg.kg⁻¹ Esto se puede deber al modo de acción distinto del Spinosad. (Toews y Subramanyam, 2003). Spinosad actúa sobre el SNC de las larvas y adultos de insectos, pero su modo de acción es diferente a la que presentan todos los insecticidas neurotóxicos utilizados en la protección de granos almacenados (Thompson *et al.*, 2000). Esta peculiaridad lo convierte en un compuesto con pocas posibilidades de desarrollar resistencia cruzada con los insecticidas convencionales utilizados actualmente, aún cuando éstos sean derivados de fuentes biológicas o sintéticas (Scott, 2004). Estudios conducidos por (Fang, 2002), demostró que el Spinosad es altamente eficaz contra varias especies de insectos que atacan los granos almacenados.

(Zhao, 2002) reportó la existencia de poblaciones de *Plutella xylostella* (Linneo) colectadas en diversas regiones de los Estados Unidos de América que presentaron niveles de resistencia a Spinosad. Así también Moulton, (2000) observó niveles de resistencia en una población de *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) procedente de Tailandia.

Otros insectos que han desarrollado resistencia al Spinosad son: *Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912) reportado por Ju-chun y Hai-tung, 2006; *Liriomiza trifolii* (Burguess) reportado por Scott en el 2004 y *Heliothis virescens* (Fabricius, 1777) reportado por Yung, 2003.

2.4.8 RESIDUALIDAD DE SPINOSAD

Fangneng, (2007) evaluaron la exposición de Spinosad a la luz a 25°C bajo luz solar directa durante dos días resultando la vida media de este insecticida 19 horas. Las concentraciones de Spinosad evaluadas en periodos de oscuridad se mostraron estables durante 60 días luego de los cuales las concentraciones fueron disminuyendo hasta los 120 días. Se reportó que la producción de progenie de *S. oryzae* después de 49 días fue de 0 individuos a las dosis de 1 y 2 ppm.

Mc donald, 1998 reportan que la duración de la actividad residual de Spinosad es de 7 días para *Spodoptera exigua* en algodón en condiciones de campo.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE ESTUDIO:

El experimento fue desarrollado en el laboratorio de Toxicología de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Latitud: 12°4'46.26''S; Longitud: 76°56'49.39'' O).

Donde el periodo experimental duro de la siguiente manera:

Inicio de Tratamiento el 02 de Octubre del 2008

Ultima evaluación de tratamiento el 15 de Junio del 2009

3.2 MATERIALES Y EQUIPO

3.2.1 MATERIALES DE LABORATORIO

A. Material de vidrio: Frascos de 4 L. de capacidad (Diamt. 14.5 cm; Atl. 23 cm (36 unid.)), pipeta de 1mL de capacidad, matraz de 500 mL de capacidad.

B. Equipos: Congeladora, balanza de precisión, Determinador de Humedad de granos (Dole 400 Moisture tester).

C. Insecticidas: Tracer® 120 SC (Spinosad 120 g.L⁻¹) Dow Agrosiences, Perú

D. Otros: Tapers plásticos descartables de 250 mL de capacidad (216), tela tokuyo (3 m), malla antiáfido (1 m), ligas (1 caja), guantes (1 caja), bandejas de metal (2), Maíz amarillo duro (var. INIA 611) (30kg), Trigo (var. Centenario) (30 kg).

3.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS GRANOS ALMACENADOS

Maíz Amarillo Duro

- Variedad: Inía 611
- Especie: *Zea mays*
- Porcentaje de Humedad: 12.4 % (Método indirecto o práctico)
- Procedencia: Guadalupe – Trujillo

Trigo

- Variedad: Centenario.
- Especie: *Triticum*
- Porcentaje de Humedad: 12 % (Método Indirecto o Practico)
- Procedencia: Huancayo.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 INSECTOS

Los individuos de *S. zeamais* fueron procedentes del Laboratorio de Toxicología de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Esta población de *S. zeamais* fue criada en este laboratorio por siete años en ausencia de presión selectiva por insecticidas, considerándose ésta una población susceptible, debido a que los insectos no han estado en contacto alguno con ningún tipo de insecticida.

Los insectos fueron luego criados en granos de Maíz Amarillo y granos de Trigo, ambos desinfestados en congeladora a temperatura de -10°C por 10 días, Vincent et al. (2003) y libres de insecticidas hasta la instalación del experimento. Se criaron los insectos para obtener una población adecuada en tamaño para la instalación de los experimentos.

3.3.2 INSECTICIDA

El insecticida utilizado para el experimento fue Tracer® 120 SC cuyo ingrediente activo es el Spinosad (120 gr.L⁻¹) (Down Agrosciences, Perú).

3.3.3 TRATAMIENTO DE GRANOS Y BIOENSAYOS

Para el tratamiento de los granos se preparó el caldo insecticida en concentraciones que permitieran el depósito de 0,1; 0,5; 1,0; 2,0 y 4,0 ppm de Spinosad, el testigo también fue aplicado con una cantidad equivalente de agua destilada que la usada con el Spinosad, en los granos de maíz y trigo. Seis kilogramo de Maíz fue colocado en seis frasco de vidrio, en cada uno de los frascos 1 kilogramo de maíz, y este a su vez tratado por única vez con 1 ml de la solución de 0,0; 0,1; 0,5; 1,0; 2,0 y 4,0 ppm de insecticida, una vez vertido el caldo inmediatamente los granos fueron agitados vigorosamente durante 5 minutos. El método de aplicación fue propuesto por Samson, (1990) para lograr la mayor impregnación de granos con el producto. De igual forma se realizó con el trigo. Así mismo se realizaron tres

repeticiones para cada tipo de grano y dosis. La aplicación del insecticida se realizó a temperatura ambiente con un rango de 17.°C a 19°C. Luego de la aplicación del insecticida los granos fueron mantenidos a temperatura ambiente dentro de los frascos de vidrio cubiertos con tela organza y sujetados con ligas para permitir el intercambio gaseoso e impedir la infestación de estos granos con algún insecto. A partir de estos granos tratados se instalaron los dos ensayos a los 15, 30, 60, 90, 120, 150, y 180 días después del tratamiento descrito líneas arriba, totalizando así para la actividad insecticida 126 unidades experimentales para cada tipo de grano y para la acción residual 126 unidades experimentales para cada tipo de grano.

Para el experimento de mortalidad, 40 g de grano tratado y almacenado en los frascos de vidrio fueron extraídos y dispuestos en recipientes plásticos de 250 ml de capacidad, los cuales fueron infestados con 40 insectos adultos no sexados con edades comprendidas entre 10 a 20 días; luego los recipientes plásticos fueron cerrados con tapas con tela organza y almacenados bajo condiciones de oscuridad continua con la humedad y temperatura del medio ambiente.

Se realizaron dos tipos de evaluaciones. La primera evaluación de la mortalidad se realizó después de 15 días de la infestación con los insectos, en cada ensayo, siendo considerados muertos a los insectos incapaces de moverse aun cuando fueron estimulados por luz eléctrica incandescente a unos pocos centímetros de ellos. La variable evaluada fue el número de insectos adultos muertos expresada en porcentaje. Luego de la evaluación todos los insectos, tanto vivos como muertos fueron eliminados y los granos fueron mantenidos por 60 días con el fin de realizar la segunda evaluación de la acción residual del insecticida, determinando el número de progenie (F1) emergida en ese período, el cual fue elegido debido a que el ciclo biológico de la plaga es de 60 días aproximadamente, la variable evaluada fue el número de insectos adultos vivos emergidos.

3.3.4 UNIDADES EXPERIMENTALES

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por recipientes plásticos de 250mL, con una perforación de 2x2 centímetros en la tapa donde se adaptó tela organza para impedir la salida de los insectos y permitir el intercambio gaseoso.

Las unidades experimentales contenían 40 gr de grano (Trigo o Maíz) tratados con la respectiva dosis de Spinosad y 40 gorgojos adultos no sexados.

3.3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

De acuerdo a la naturaleza del estudio que consistió en evaluar la toxicidad en el (cuadro 1) y residualidad en (cuadro 2) del spinosad con un volumen de aplicación de 1 mg.Kg^{-1} , el diseño experimental elegido por su naturaleza de evaluar en 7 tiempos diferentes y sucesivos, en granos de maíz y trigo con 5 tipos de dosis y un testigo, y con tres repeticiones y tomados al azar. Se optó por realizar un Diseño completamente al azar con arreglo factorial de A x B x C con tres repeticiones.

3.3.6 ANALISIS ESTADISTICO

Los datos para la actividad insecticida se trabajaron expresado en porcentaje (anexo 3) y fueron analizados mediante el análisis de variancia (ANVA) con arreglo Factorial $2 \times 5 \times 7$ con tres repeticiones, para la comparación de medianas se aplicó la prueba de Tukey, considerando los efectos de dos tipos de granos, cinco dosis y siete tiempos después del tratamiento de los granos. Los resultados obtenidos fueron corregidos con la fórmula de Abbott (1925) que elimina la mortalidad natural producida en el testigo (anexo 4 y 5). Cabe destacar que el criterio de mortalidad fue la falta de movilidad de los individuos, incapaces de caminar cuando fueron estimulados por luz eléctrica incandescente. El procesamiento de dato se realizó mediante el uso del programa SAS.

Los datos para la acción residual del insecticida se trabajaron con cantidad de individuos muertos (anexo 2) y fueron analizados mediante el análisis de variancia (ANVA) con arreglo Factorial $2 \times 6 \times 7$ con tres repeticiones, para la comparación de medianas se aplicó la prueba de Tukey, considerando los efectos de dos tipos de granos, cinco dosis más el testigo y siete tiempos después del tratamiento de los granos. Cabe destacar que el criterio es de determinar el número de individuos vivos emergentes de la progenie F1 de *S. zeamais*. El procesamiento de dato se realizó mediante el uso del programa SAS.

Cuadro 1: Diseño experimental de los experimentos para el experimento N°1.

Maíz																																																	
	D0							D1							D2							D3							D4							D5													
R1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R2	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R3	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7

Trigo																																																	
	D0							D1							D2							D3							D4							D5													
R1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R2	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R3	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7

Leyenda.

TEST, D1, D2, D3, D4, D5 : Dosis

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 : Tiempos después del tratamiento.

R1, R2, R3 : Repeticiones

Cuadro 2: Diseño experimental de los experimentos para el experimento N°2.

Maíz																																																	
	D0							D1							D2							D3							D4							D5													
R1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R2	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R3	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7

Trigo																																																	
	D0							D1							D2							D3							D4							D5													
R1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R2	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R3	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7

Leyenda.

TEST, D1, D2, D3, D4, D5 : Dosis

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 : Tiempos después del tratamiento.

R1, R2, R3 : Repeticiones

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 MORTALIDAD

En el cuadro 3 se presenta el análisis de variancia de la mortalidad donde hay diferencia altamente significativa en cuanto a la susceptibilidad de *S. zeamais* al Spinosad, en relación a los granos estudiados en las cinco dosis, y en todos los tiempos de evaluación. Los datos originales se presentan en el anexo 1 y expresado en porcentaje en el anexo 3.

Cuadro 3: ANVA, Parámetros para los efectos principales y sus interacciones asociados para los niveles de mortalidad de adultos de *S. zeamais* después de la exposición sobre diferentes tipos de granos con varias dosis de Spinosad en siete intervalos de tiempo.

Efectos	Gl	SC	CM	F	P	Significancia
granos	1	3310.58	3310.58	54.46	<0.0001	**
Dosis	4	196419.43	49104.86	807.73	<0.0001	**
Tiempo	6	32289.81	5381.64	88.52	<0.0001	**
Granos x Dosis	4	2781.81	695.45	11.44	<0.0001	**
Granos x Tiempo	6	1179.96	196.66	3.23	0.052	ns
Dosis x Tiempo	24	27662.64	1152.61	18.96	<0.0001	**
Grano x Dosis x Tiempo	24	7507.32	312.81	5.15	<0.0001	**

En la figura 3 y anexo 6 se observaron que independientemente de la dosis de Spinosad y del tiempo transcurrido después del tratamiento, se obtuvo mayor mortalidad en granos de trigo (73.19 %) en relación a los granos de maíz (65.25%).

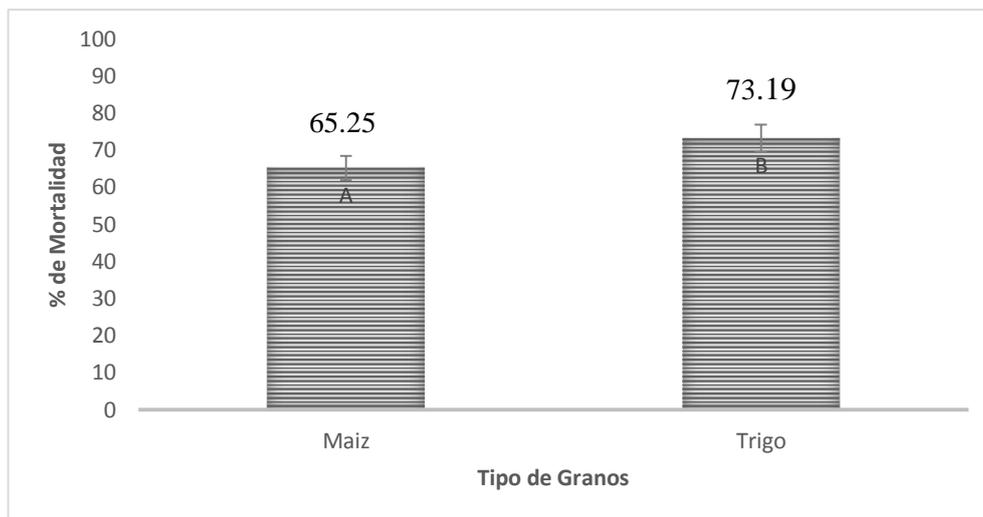


Figura 3: Comparación de medias de los porcentajes promedio (+/- Error Estándar) de la mortalidad de adultos de *S. zeamais* después de la exposición a granos de maíz y trigo tratados con Spinosad, según test de Tukey.

En la figura 3 demuestra que el mejor control de *S. zeamais* por Spinosad se consigue en granos de trigo. Thaung y Collins (1986) y Amos (1986), reportan que la eficacia del Spinosad es mayor en trigo, esto debido a que el maíz en relación al trigo presenta una menor superficie específica de contacto para las gotas de insecticida, lo cual hace que una mayor concentración de insecticida quede impregnada en la superficie del grano de trigo. De igual modo Vasquez-Castro (2008) sostiene que la efectividad del insecticida también se ve favorecida por la gran capacidad de locomoción de estas plagas dentro de la masa de granos, las cuales son capaces de movilizarse a través de los espacios entre los granos de trigo, favoreciendo la exposición al Spinosad.

Uno de los factores que podría haber influenciado los resultados es la técnica de aplicación, Fangneng (2007) describe un método similar al utilizado en este trabajo, sin embargo el tiempo de homogenización es de 10 min. Vasquez-Castro et al. (2008) utilizó un pulverizador al aplicar el insecticida y agitó constantemente para distribuir el líquido lo más homogéneamente posible realizándolo además en diferentes volúmenes de aplicación, obteniendo así resultados muy satisfactorios. Por otro lado, Athanassiou (2010), asperjó el insecticida sobre los granos previamente dispuestos en bandejas. Por lo tanto la técnica de aplicación del insecticida es uno de los factores de mayor influencia en la eficacia del mismo, esto debido a que la totalidad de la superficie del grano no puede ser recubierta por el producto, menos aún cuando se utilizan pequeñas cantidades de caldo.

En la figura 4 y anexo 7 se observa que con relación a las dosis de Spinosad, se puede observar que las dosis de 2 y 4 mg.kg⁻¹ fueron las que mejor controlaron la plaga, con valores de 98 % y 100% respectivamente.

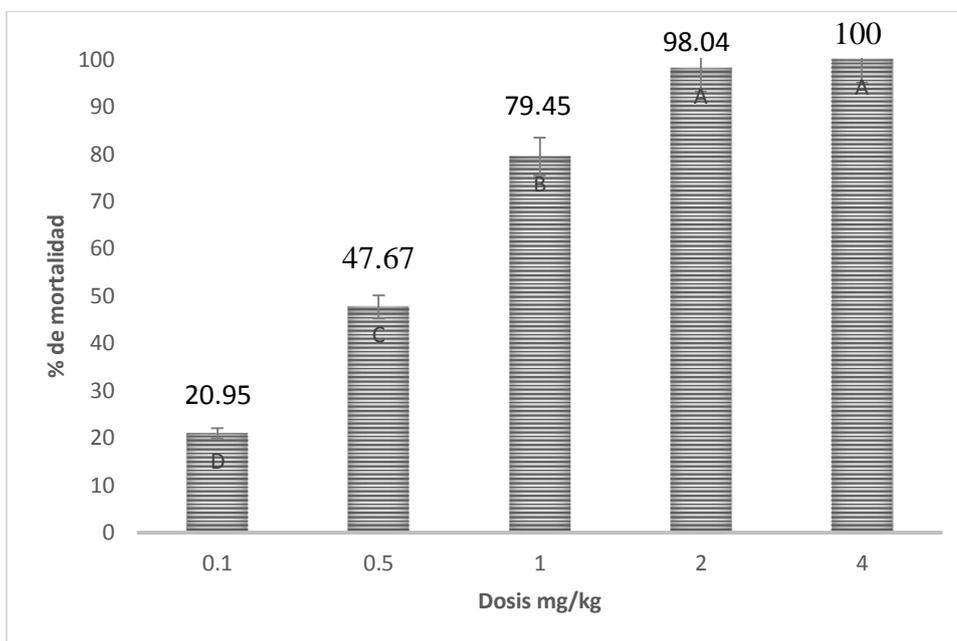


Figura 4: comparación de las medias de Porcentaje promedio (+/- Error Estándar) de la mortalidad de adultos de *S. Zeamais* después de la exposición sobre granos almacenados tratados con cinco dosis de Spinosad, según test de tukey.

Según la figura 4 vemos que las dosis que mejor controlaron a *S. zeamais* fueron 2 y 4 mg.kg⁻¹, los cuales ocasionaron similares niveles de control cercanas al 100% de mortalidad. Sin embargo, visto desde el punto de vista económico se recomendaría la dosis más baja de 2 mg.kg⁻¹, ahorrando así producto, esto siempre y cuando el almacenamiento será por tiempos menores a 2 meses. Para tiempos más prolongados se recomienda el uso de 4 mg.kg⁻¹, ya que esta dosis además de controlar la plaga mantiene la población de progenie controlada en tiempos más prolongados de hasta cuatro 4 a 6 meses.

En la figura 5 y el anexo 8 se observa en relación a la mortalidad en el tiempo, se observó que hasta el día 60 después del tratamiento, la mortalidad fue decreciendo; pero a partir de día 90 la mortalidad se fue incrementando hasta la finalización del experimento.

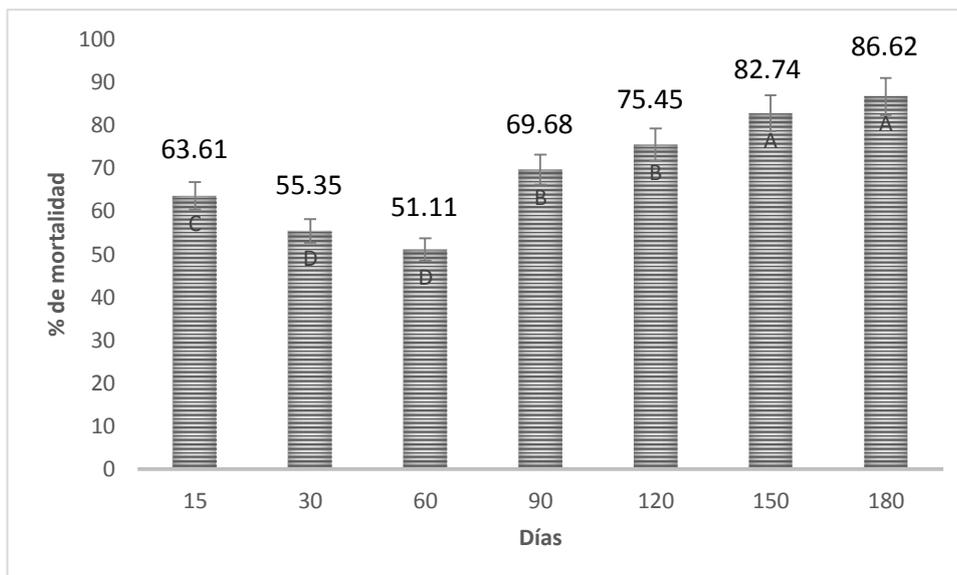


Figura 5: Comparación de medianas de porcentaje promedio (+/- Error Estándar) de la mortalidad de adultos de *S. zeamais* después de la exposición sobre granos almacenados tratados con Spinosad en tiempos de hasta 180 días, según test de tukey.

En la figura 5 la mortalidad fue decreciendo hasta el día 60, posterior a esto, comenzó a incrementar la mortalidad hasta llegar hasta los 180 días. Esto se debió posiblemente al incremento de la temperatura. (fig. 6) y anexo 12, Faroni, (2002) refiere que la temperatura del grano es uno de los determinantes del ritmo de la actividad metabólica del insecto, siendo que por cada °C de incremento en la temperatura los insectos son más susceptibles a la acción de los insecticidas fumigantes. Puede ser esto uno de los factores que altero los resultados en la mortalidad, debido a que el ensayo se realizó a temperatura ambiente y se dio inicio el 02 de octubre culminando en marzo del 2009 y lo que es progenie se culminó a fines de mayo del 2009. El cambio de primavera a verano provoco incremento de 9°C en la temperatura.

TEMPERATURA PROMEDIO VS PORCENTAJE DE MORTALIDAD

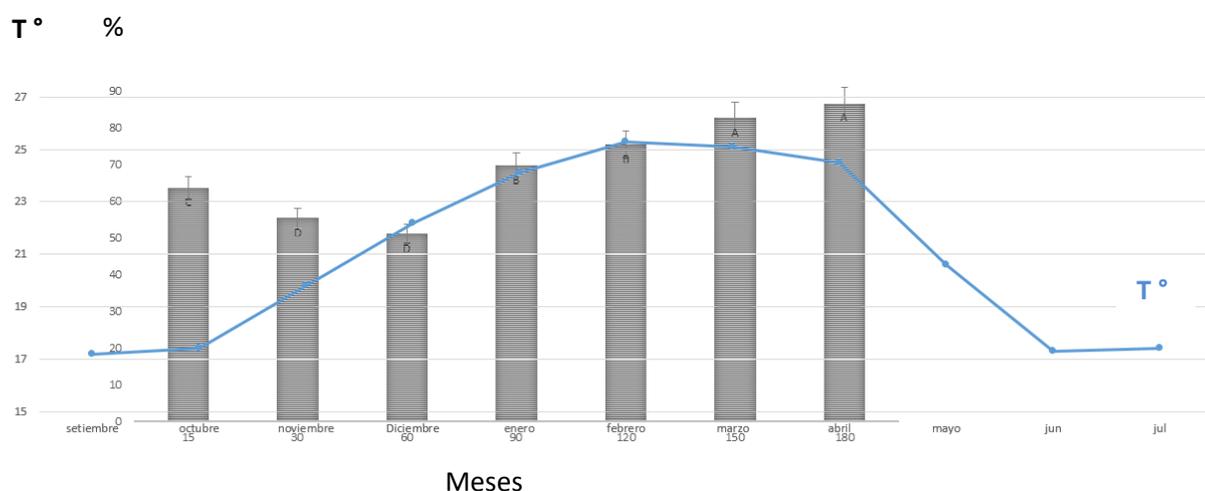


Figura 6: Temperatura ambiente promedio mensual de setiembre 2008 a setiembre 2009 sobre puesto sobre la Comparación de medianas de porcentaje promedio de la mortalidad de adultos de *S. zeamais* después de la exposición sobre granos almacenados tratados con Spinosad en tiempos de hasta 180 días, según test de tukey.

Fuente: Observatorio meteorológico Alexander Von Humboldt, UNALM. Datos originales anexo 12.

4.2 PROGENIE F1.

En el cuadro 4 hay diferencia altamente significativa en la producción de la progenie de *S. zeamais* en los dos tipos de granos (Maíz y Trigo), en las cinco dosis de Spinosad en estudio y en todos los periodos de evaluación. Los datos originales se presentan en el anexo 2.

Cuadro 4: ANVA, Parámetros para los efectos principales y sus interacciones asociados para los niveles de producción de progenie de *S. zeamais* después de la exposición sobre diferentes tipos de granos con varias dosis de Spinosad en siete intervalos de tiempo.

Efecto	GL	SC	CM	F	P	Significancia
Granos	1	1033344.32	1033344.32	3849.44	<0.0001	**
Dosis	5	1993390.93	398678.19	1485.16	<0.0001	**
Tiempo	6	1993365.82	332227.64	1237.62	<0.0001	**
Granos x Dosis	5	417263.85	83452.77	310.88	<0.0001	**
Granos x tiempo	6	815939.60	135989.93	506.59	<0.0001	**
Dosis x Tiempo	30	895019.33	29833.98	111.14	<0.0001	**
Dosis x Tiempo x grano	30	404137.74	13471.26	50.18	<0.0001	**

En la figura 7 y anexo 9 se observa la progenie F1 de *S. zeamais* fue mayor en los granos de Maíz (200 individuos) respecto a la progenie del trigo (72 individuos), se observa que el incremento de la progenie en el maíz es mucho mayor al trigo superando en más de 200 %. Coombs (1972) menciona que el número de gorgojos que se puede desarrollar dentro dependerá del tamaño del grano, normalmente en trigo solo emerge un adulto por grano y en el maíz puede ser más. Es por esto que se deduce que el control inadecuado de *S. zeamais* sobre granos de maíz ocasiona más rápida infección en periodos más cortos ocasionando pérdidas económicas, y esto es mucho mayor si la temperatura y humedad relativas son altas.

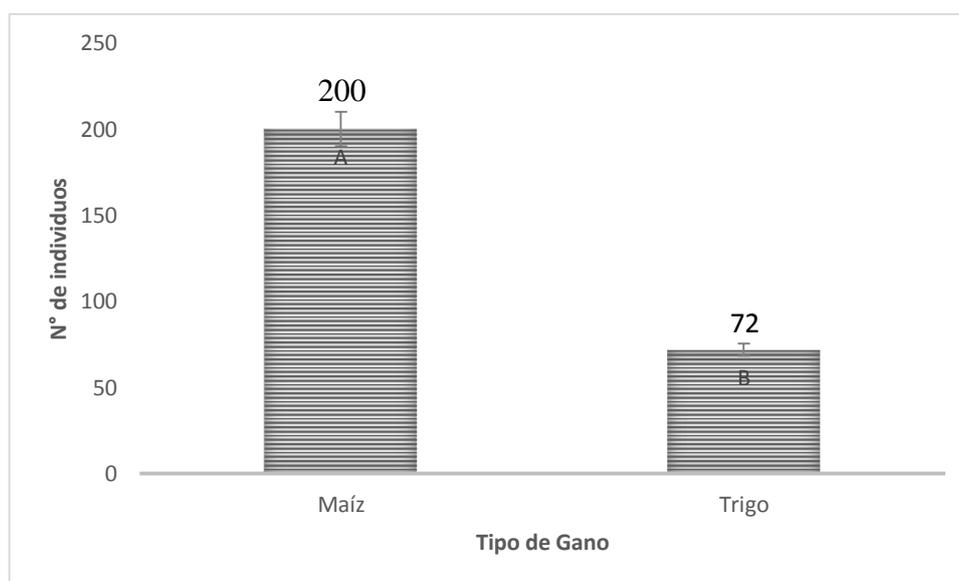


Figura 7: Comparación de medias del número de individuos (+/- Error Estándar) de la progenie F1 de *S. zeamais* después de la exposición a granos maíz y trigo tratados con Spinosad, según test de tukey

Por otro lado en la figura 8 y anexo 10 se observa que la producción de progenie F1 fue disminuyendo conforme se incrementó la dosis de Spinosad. Es así que el testigo y la dosis de 0.1mg.kg^{-1} produjeron la misma progenie, con valores de 229 y 224 individuos, respectivamente. Mientras que la dosis de 2mg.kg^{-1} redujo la progenie a 31 individuos. El mejor tratamiento en el control de la progenie fue la dosis de 4mg.kg^{-1} , con un valor de 6 individuos.

Pérez *et al.* (1998), señala que un promedio de 2 insectos por granos ocasionan un 18.3% de pérdidas en 48 días. Es por eso la dosis de 2mg.kg^{-1} será para tiempos menores a 2 meses. Y para tiempos más prolongados se recomienda el uso de 4mg.kg^{-1} .

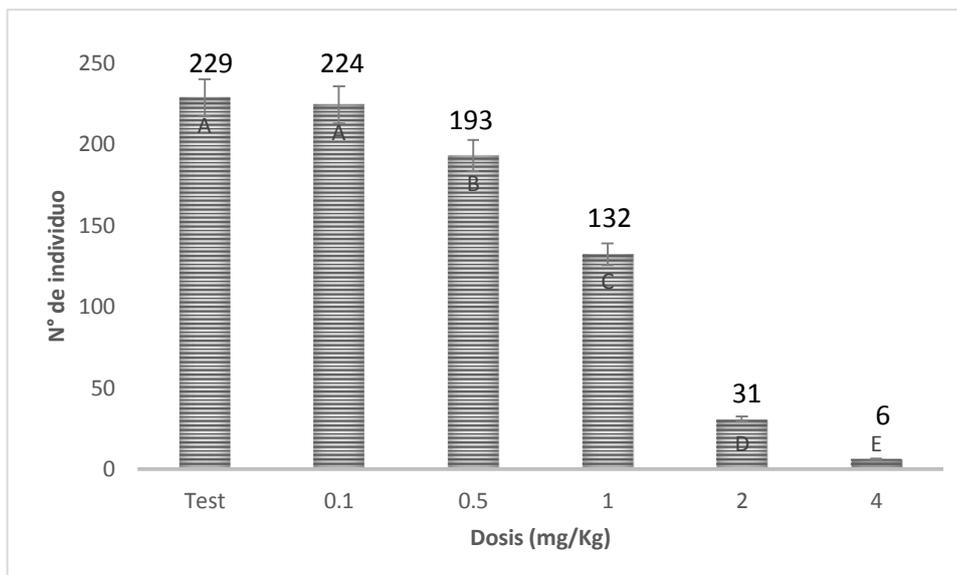


Figura 8: Comparación de medias del número de individuos (+/- Error Estándar) de la progenie de *S. zeamais* después de la exposición sobre granos almacenados tratados con cinco dosis con Spinosad, según test de tukey

Respecto a la producción de la progenie F1 en el tiempo, se puede observar en la figura 9 y el anexo 11, la tendencia que concuerda con la mortalidad de sus parentales. Y vemos en la figura 9 que hasta el día 60 después del tratamiento la progenie se incrementó gradualmente; pero a partir del día 90 y en adelante la producción de progenie fue reduciendo paulatinamente.

Además se observa que el control en 51.11% de mortalidad de la población de *S. zeamais* (Fig. 5) ocasiona poblaciones de 293 individuos de su progenie (fig. 9), ocasionando pérdidas económicas en los lugares de almacén, por lo que podríamos decir que poblaciones que se controlan la mortalidad en menos del 50% ocasionan pérdidas económicas.

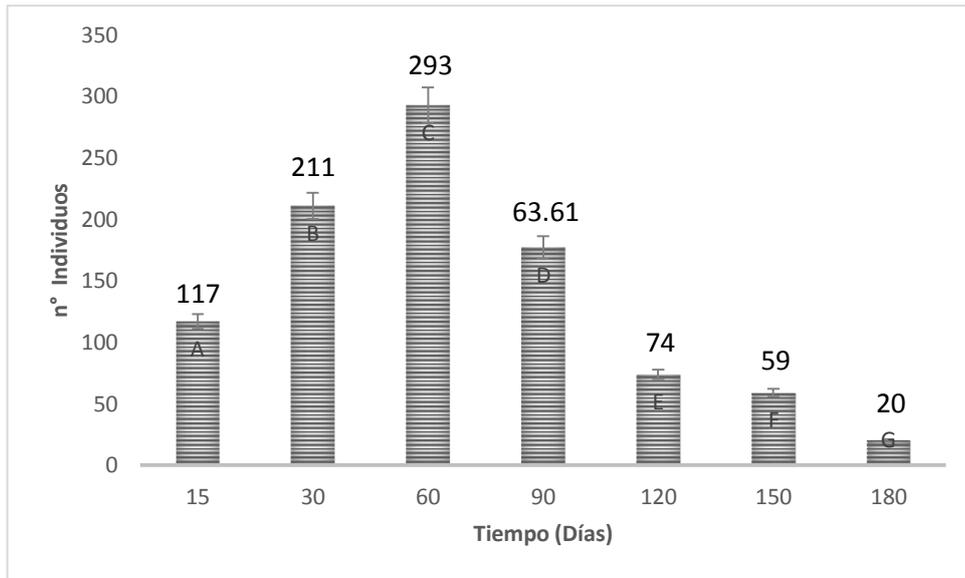


Figura 9: comparación de medias del número de individuos (+/- Error Estándar) de la progenie de *S. zeamais* después de la exposición sobre granos almacenados tratados con Spinosad en tiempos de hasta 240 días, según test de tukey.

V. CONCLUSIONES

- Las dosis de Spinosad que controla mejor *Sitophilus zeamais* Motsch son 2 y 4 mg.kg⁻¹.
- El control de *Sitophilus zeamais* Motsch por Spinosad es mejor en granos de trigo que en maíz.
- Spinosad a la dosis de 4 mg.kg⁻¹ inhibe la producción de progenie casi en 100%.
- Spinosad a la dosis de 4 mg.kg⁻¹ protege los granos de trigo por periodos de 4 meses o más. Mientras que en granos de maíz el periodo de control es apenas de 2 meses.

VI. RECOMENDACIONES

- Continuar con los estudios de control de *S. zeamais* mediante el uso de insecticidas menos tóxicos al hombre.
- Utilizar ambiente, temperatura, humedad relativa y fotoperiodo controlados para evitar mortalidad ocasionada por valores adversos para el insecto de los parámetros indicados.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

1. Adán, A. ; Estal , P. D.; Budia, F. ; González, M. ; Viñuela, E. 1996. Laboratory evaluation of the novel naturally derived compound spinosad against *Ceratitidis capitata*. Pesticide Science, 48: 261–268.
2. Almeida, A.A., 1989. Natureza dos danos causados por insetos em graos armazenados. En: Anais Congr. Bras. Entomol., 11, 1987, Campinas, Fund.Cargill 4: 16-32.
3. ANDREWS, K.; QUEZADA, J. 1989. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura: Estado actual y futuro. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Tegucigalpa, Honduras. 623 p.
4. Athié, I.; Paula, D.C. 2002. Insetos de grãos armazenados: aspectos biológicos e identificação. 2da. Ed. São Paulo, Varela. 244p.
5. Beskow, P.; Deckers, D. 2002. Legislação brasileira de armazenamento de grãos. In: Lorini, I.; Miike, L.H.; Scussel, V.M. Armazenagem de grãos. Campinas: Instituto Bio Geneziz, p. 27-53.
6. Bret, B. L.; Larson L. L.; Schoonover J. R.; Sparks T. C.; Thompson G. D. 1997. Biological properties of spinosad. Down to Earth, 52: 613-617.
7. Champ, B.R. & Dyte, C.E., 1976. Report of the FAO Global Survey of Pesticide Susceptibility of stored grain Pests. p.297.
8. Chaudhry, M.Q. 1999. Review a review of the mechanisms involved in the action of Phosphine as an insecticide and Phosphine resistance in stored-product insects. Pesticide Science, 49 (3): 213-228.
9. Chesnut T L (1972) Flight habits of the maize weevil as related to fi eld infestation of corn. J Econ Entomol 65: 434-435.
10. Coombs, C.W. 1972. The Interpretation of Experiments Assessing the Susceptibility oh stored cereals to Attack by Sitophilus sp. (Coleopera: curculionidae). J. Stored prod. Res 8:81-82. U.S.A.
11. Cloyd, R.A.; Sadof, C.S. 2000. Effects of spinosad and acephate on western flower thrips inside and outside a greenhouse. Hortechonology, 10: 359–362.

12. Darglish, G.J.; Wallbank, B.E. 2002. Searching for candidate insecticides for desinfestations and protection of grain. Stored grain in Australia 2000. Canberra, CSIRO Stored Grain Research Laboratory, P. 169–173.
13. Dobie, P. 1974. The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Mosth (Coleoptera, Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 10: 183-197.
14. FAO. 2012. Perspectivas Alimentarias: División de Comercio y Mercados de la FAO, Roma
15. Fangneng, H., Subranyam, B., 2007. Effectiveness of Spinosad against seven major stored grain insects on corn. J. Insect Science. 14: 225-230.
16. Faroni, L.R.D., Guedes, R.N.C., Berbeert, P.A., Silva, A.P.R.A., 2002. Atmosfera modificada no controle das pragas de grãos armazenados. In: Lorini, I., Miike, L.H., Scussel, V.M. Armazenagem de grãos. Campinas: IBG. pp.463-491
17. Faroni, L.R., 1998. Fatores que influenciam a qualidade dos grãos armazenados. Postcosecha 5, 34-41.
18. Gallo D; Nakano O; Silveira Neto S; Carvalho R P L; De Baptista G C; Berti Filho E; Parra J R P; Zucchi R A; Alves S B; Vendramim J D; Marchini L C; Lopes J R S; Omoto C (2002) Entomologia agrícola. Piracicaba, Fundação para Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 920p.
19. Garcia, R. I. 1992. Susceptibilidad *Sitophilus zeamais* Mosth (Coleoptera, Curculionidae), a insecticidas de diferentes grupos toxicológicos de tres áreas de Veracruz. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. Instituto de ciencia y cultura. 54 p.
20. Genel, M.A. & Barnes, D., 1958. Los insectos y sus daños a los granos almacenados. Folleto Misceláneo 6: 1-39.
21. HALL, D.W., 1971. Manipulación y almacenamiento de granos alimenticios en las zonas tropicales y subtropicales. FAO, Roma. p. 400.
22. HAREIN, P & R. DAVIS. 1992. Control of stored-grain insects. pp. 491-534. In D.B. Sauer (Ed.). Storage of cereal grains and their products. Ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists.
23. Hodges R J, Hall D R, Mbugua J N, Likhayo P W (1998) The responses of *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae) and *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) to pheromone and synthetic maize volatiles as lures in crevice or flight traps. Bull Entomol Res 88: 131-139.

24. IANNACONE, J. & M. REYES. 2001. Efecto de la rotenona y neem sobre *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) y *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) plagas del tomate en el Perú. *Agronomía Trop.* 51: 65-79.
25. LAGUNES, T .A. 1994. Extractos, polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del fríjol en la agricultura de subsistencia. Memorias del Colegio de Postgraduados USAIDCONACYT- BORUCONSA. Montecillo. Texcoco. México. 32 pp.
26. Larraín, P. 1994. Manejo integrado de plagas en granos almacenados. Investigación y Progreso Agropecuario La Platina N° 81. p. 10-16.
27. Lazzari, F.A., 1997. Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações. Edição do autor, Curitiba - PR 134 p
28. Levic, J., Stankovic, S., Boèarov-Stanèic, A., 2004. Pojava i suzbijanje toksigenih vrsta gljiva u uskladištenom zitu (Incidence and Control of Toxigenic Fungi in Stored Cereals). *Biljni lekar (Plant doctor)*, Novi Sad, Serbia, 3-4, 245-254 (in Serbian with abstract in English).
29. Liu, Z.; Ho, S. 1999. Bioactivity of the essential oil extracted from *Evodia rutaecarpa* HOOK f. et Thomas against the grain storage insects, *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*. *Journal of Stored Products Research*, 35(4):317 – 328.
30. Longstaff, B.C. 1981. Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae): a critical review. *Protection Ecol.* 2:83-130.
31. Lorini, I., Schneider, S., 1994. Pragas de grãos armazenados: resultados de pesquisa. Embrapa - CNPT, Passo Fundo - RS, 48 p.
32. Mareggiani, G. 2001. Manejo de insectos plaga mediante sustancias semiquímicas de origen vegetal. *Manejo Integrado de Plagas* 60:22-30.
33. Marsans, G., 1987. Manejo y conservación de granos. Ed Hemisferio sur, Buenos Aires. p. 266.
34. Mertz, E.P.; Yao, R.C. 1990. *Saccharopolyspora spinosa* sp. nov. Isolated from soil collected in a sugar rum still. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 40: 34–39.
35. MINAGRI. 2013. Producción Nacional de Commodities 2010-2012, p. 65-69.
36. Moulton, J. K., Pepper A. D. y Dennehy, J. T., 2000. Beet armyworm (*Spodoptera exigua*) resistance to spinosad. *Pest. Manag. Sci.* 56: 842-848.

37. Omoto, C. 2000. Modo de acción de insecticidas y resistencia de insectos a insecticidas. In: Guedes, J.C.; Da Costa, I.D.; Castiglioni, E.(eds.) Bases e técnicas del manejo de insectos. Santa María: Universidad Federal de Santa María, p.31-49.
38. Peck, S. L.; McQuate, G. T. 2000. Field Tests of malathion replacements spinosad and photoactive dyes for suppression of wild Mediterranean fruit fly (*Ceratitidis capitata*) populations. *Journal of Economic Entomology*, 93 (2): 280-289.
39. Perez, M.J. 1998 susceptibilidad a insecticidas en poblaciones del picudo del maíz *Sitophilus zeamais* Mosth. (Coleóptera: Curculionidae) de varias localidades de México. Tesis de Maestría. Chapingo, México. Colegio de Postgraduados. 142 p.
40. Ramírez M. (1987). Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Editorial Continental S.A. de México. 20-22 pp.
41. Richards, O.W., 1951. The reaction to light and its inheritance in grain weevils, *calandra oryzae* (L.) (Coleoptera, Curculionidae). *Proceedings of the zoological Society of London* 121: 311-314.
42. Rodriguez, R. R., 1976. Determinación del daño causado por plagas de almacén a variedades de maíz en Yucatán. *Agricultura Técnica de México* 3(12): 442-446.
43. Salgado, V. L. 1997. The modes of action of spinosad and other insect control products. *Down to Earth* 52: 35-43.
44. Salgado, V., 1998. Studies on the mode of action of spinosad: Insect symptoms and physiological correlates. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 60, 91-102.
45. Samson, P. R., Parker, R.J. y Hall, E.A., 1990. Synergized deltamethrin as a protectant against *S. zeamais* Motsch. and *S. oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) on stored maize. *J. Stored Prod. Res.* 26: 155-161.
46. Scott, F. J. 2004. Development and stability of insecticide resistance in the leafminer *Liriomyza trifolii* (Dipetra: Agromyzidae) to cyromazine, abamectin, and spinosad. *J. Econ. Entomol.* 97: 112-119.
47. Serratos, A. 1993. Análisis genético de algunas características bioquímicas y estructurales del grano maíz (*Zea mays*) y su relación con la resistencia a la infestación de *S. zeamais* Motsch. Phd. Tesis CINVESTAV, México. 106p.
48. Shaaya, M.; Kostjukovski, J.; Eilberg, Sukprakarn C. 1997. Plant Oils as Fumigants and Contact Insecticides for the Control of Stored-product Insects. *Journal of Stored Product Research*, 33 (1): 7-15.

49. SILVA, G., A. LAGUNES & J. RODRÍGUEZ. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* con polvos vegetales solos y en mezclas con Carbonato de calcio en maíz almacenado. Cien. Inv. Ag. 30: 153-160.
50. SOTO R.N.; JUÁREZ, B.I.F.; PINEDA, Y.J. Evaluación insecticida de *Pathenium incanum* y de *Zinnia spp* en *Sitophilus zeamais*. In: C. RODRÍGUEZ H Memorias del VI Simposio Nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas. Consejo Mexicano de agroinsumos biorracionales. Acapulco, Guerrero, México. 2000, p. 89-93.
51. Sparks, T.C., Crouse, G.D., Durst, G. 2001. Natural products as insecticides: the biology, biochemistry, and quantitative structure-activity relationships of spinosyns and spinosoids. Pest Management Science 57, 896-905.
52. Thompson, D., H. Michel, C. Yao, S. Mynderse, T. Mosburg, V. Worden, H. Chio, C. Sparks y H. Hutchins. 1997. The discovery of *Saccharopolyspora spinosa* and a new class of insect control products. Dow to Earth 53: 1-5.
53. Thompson, G.; Hutchins, S. 1999 . Spinosad. Pesticide Outlook, 10:78–81.
54. Thompson, G.D.; Dutton, R.; Sparks, T.C. 2000. Spinosad a case study: an example from a natural products discovery programme. Pest Management Science, 56: 696–702.
55. Vásquez-Castro J. A.; Baptista G.C; Gadanha C .D.; Trevizan L.R.P. 2006. Fenitrothion and esfenvalerate stability during corn and wheat sample processing. Scientia Agricola, 65(2): 157-160.
56. Vásquez-Castro J. A.; Baptista G.C.; Gadanha C .D.; Trevizan L.R.P. 2008. Effect of spray volume on the moisture of stored corn and wheat grains. Brazilian Archives of Biology and Technology, 51(3):453-456.
57. Vásquez-Castro, J.A., De Baptista, G.C., Gadanha Jr., C.D. and Trevizan, L.R.P., 2012. Insecticidal Effect and Residual Action of Fenitrothion and Esfenvalerate on *S. oryzae* and *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in Stored Maize and Wheat. ISRN Agronomy. p. 1-12.
58. Viñuela, E., Adan, A., Del Estal, P., Marco, V., Budia, F., 1993. Plagas de los Productos Almacenados. H.D., Madrid, España 1, p 31.
59. Wanner, K. ; Helson, B. ; Harris B. 2000 . Laboratory and field evaluation of Spinosad against the gypsy moth, *Lymantria dispar*. Pest Management Science, 56: 855–860.

60. Watson, G. B. 2001. Actions of insecticidal spinosyns on aminobutyric acid receptors from small-diameter cockroach neurones. *Pestic. Biochem. Physiol.* 71: 20-28.
61. WHITE, N.D.G. & J.G. LEESCH. 1996. Chemical control. pp. 287-330. In B. Subramanyam & D.W. Hagstrum
62. WMO. 1995 Scientific assessment of ozone depletion: World Meteorological Organization global ozone research and monitoring project, Report no. 37, WMO, Geneva, Switzerland.
63. Yung, P. Y., Woodward, D.B. y Roe, R.M., 2003. Spinosad selection of a laboratory strain of the tobacco budworm, *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae), and characterization of resistance. *Crop Protection* 22: 265-273.
64. Zhao, J.Z., Collins, H.L., Li, Y.X., Mau, R.F., Thompson, G.D., Hertlein, M., Andalaro, J.T., Boykin R. y Shelton, A.M., 2006. Monitoring of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistance to spinosad, indoxacarb, and emamectin benzoate. *J. Econ. Entomol.* 99: 176-181.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Evaluación de la actividad insecticida del Spinosad sobre *Sitophilus zeamais* Mostchulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) en granos de maíz y trigo almacenados

FECHA	TRATAMIENTOS EN EL TIEMPO		TRATAMIENTO EN MAÍZ						TRATAMIENTO EN TRIGO						
			T	D1	D2	D3	D4	D5	T	D1	D2	D3	D4	D5	
02/10/2008	trat(15)	R1	vivos	40	37	22	19	0	0	38	36	32	5	0	0
			muertos	0	3	18	21	40	40	2	4	8	35	40	40
		R2	vivos	40	37	22	12	1	0	37	32	26	8	0	0
			muertos	0	3	18	28	39	40	3	8	14	32	40	40
		R3	vivos	40	36	23	9	0	0	38	35	27	4	1	0
			muertos	0	4	17	31	40	40	2	5	13	36	39	40
17/10/2008	trat(30)	R1	vivos	38	40	40	14	0	0	36	38	30	14	1	0
			muertos	2	0	0	26	40	40	4	2	10	26	39	40
		R2	vivos	40	39	38	10	0	0	36	36	29	12	4	0
			muertos	0	1	2	30	40	40	4	4	11	28	36	40
		R3	vivos	40	40	39	12	2	0	38	38	30	9	0	0
			muertos	0	0	1	28	38	40	2	2	10	31	40	40
16/11/2008	Trat(60)	R1	vivos	38	40	34	30	2	0	38	36	35	16	1	0
			muertos	2	0	6	10	38	40	2	4	5	24	39	40
		R2	vivos	40	40	39	26	3	0	40	38	35	15	3	0
			muertos	0	0	1	14	37	40	0	2	5	25	37	40
		R3	vivos	39	40	35	14	4	0	39	36	31	12	0	0
			muertos	1	0	5	16	36	40	1	4	9	28	40	40
16/12/2008	Trat(90)	R1	vivos	39	37	22	7	1	0	38	33	16	2	1	0
			muertos	1	3	18	33	39	40	2	7	24	38	39	40
		R2	vivos	39	38	17	13	2	0	38	35	12	3	0	0
			muertos	1	2	23	27	38	40	2	5	28	37	40	40
		R3	vivos	38	36	15	10	1	0	37	31	10	5	1	0
			muertos	2	4	25	30	39	40	3	9	30	35	39	40
15/01/2009	Trat(120)	R1	vivos	39	38	14	0	0	0	37	28	5	2	1	0
			muertos	1	2	26	40	40	40	3	12	35	38	39	40
		R2	vivos	38	39	12	2	0	0	36	18	21	2	0	0
			muertos	2	1	28	38	40	40	4	22	19	38	40	40
		R3	vivos	38	39	30	7	0	0	38	16	2	3	1	0
			muertos	2	1	10	33	40	40	2	24	38	37	39	40
14/02/2009	Trat(150)	R1	vivos	39	35	3	1	0	0	25	7	6	3	0	0
			muertos	1	5	37	39	40	40	15	33	34	37	40	40
		R2	vivos	36	32	4	2	0	0	23	7	4	2	1	0
			muertos	4	8	36	38	40	40	17	33	36	38	39	40
		R3	vivos	40	29	20	1	0	0	24	7	5	3	0	0
			muertos	0	11	20	39	40	40	16	33	35	37	40	40
16/03/2009	Trat(180)	R1	vivos	38	28	10	3	0	0	30	8	2	0	0	0
			muertos	2	12	30	37	40	40	10	32	38	40	40	40
		R2	vivos	37	14	12	2	0	0	30	10	1	0	0	0
			muertos	3	26	28	38	40	40	10	30	39	40	40	40
		R3	vivos	38	16	24	4	0	0	28	7	2	0	0	0
			muertos	2	24	16	36	40	40	12	33	38	40	40	40

Anexo 02: Evaluación de la acción residual del spinosad sobre *Sitophilus zeamais* Mostchulsky, 1855 (Coleoptera: curculionidae) en granos de maíz y trigo almacenados

FECHA	TRATAMIENTOS EN EL TIEMPO		TRATAMIENTO EN MAÍZ						TRATAMIENTO EN TRIGO						
			T	D1	D2	D3	D4	D5	T	D1	D2	D3	D4	D5	
02/12/2008	trat(15)	R1	vivos	70	92	69	35	4	1	162	412	268	125	0	0
			muertos	1	0	0	12	17	4	0	2	2	9	26	13
		R2	vivos	62	80	78	12	2	0	269	420	254	223	5	1
			muertos	1	0	3	13	2	11	0	1	5	13	34	28
		R3	vivos	81	100	64	32	0	0	272	402	324	116	2	0
			muertos	0	3	3	7	6	8	0	0	2	11	35	7
17/12/2008	trat(30)	R1	vivos	136	145	138	65	17	1	513	467	457	379	109	0
			muertos	2	3	8	14	25	4	0	2	3	6	8	15
		R2	vivos	137	141	105	42	11	0	282	540	473	375	87	0
			muertos	2	2	1	25	22	11	0	2	4	7	10	16
		R3	vivos	156	172	136	50	16	0	503	489	506	409	60	0
			muertos	0	1	1	22	28	12	1	3	4	9	20	14
16/01/2009	Trat(60)	R1	vivos	125	206	25	118	0	0	609	679	639	647	7	0
			muertos	2	9	14	21	22	5	25	29	39	82	130	7
		R2	vivos	158	217	246	166	3	0	602	573	601	650	176	0
			muertos	0	8	12	16	22	12	20	25	33	48	189	16
		R3	vivos	257	229	209	98	3	0	706	517	576	641	2	0
			muertos	1	7	15	32	34	12	15	32	42	68	38	11
16/02/2009	Trat(90)	R1	vivos	114	153	72	19	0	0	557	499	398	22	0	0
			muertos	4	2	14	23	17	6	129	7	5	64	37	6
		R2	vivos	183	246	154	34	0	0	479	227	311	109	12	0
			muertos	2	3	9	40	5	2	2	23	7	145	108	5
		R3	vivos	202	103	150	16	0	0	379	423	419	49	0	0
			muertos	4	2	3	56	18	0	3	4	37	62	24	5
15/03/2009	Trat(120)	R1	vivos	119	89	62	7	0	0	184	130	58	0	0	0
			muertos	1	5	19	10	2	2	2	20	51	0	3	0
		R2	vivos	126	100	24	10	0	0	271	160	71	51	0	0
			muertos	1	5	16	21	3	3	4	28	44	60	0	0
		R3	vivos	132	92	80	4	0	0	268	28	65	0	0	0
			muertos	1	6	13	13	3	3	3	27	55	0	0	0
14/04/2009	Trat(150)	R1	vivos	112	98	22	16	0	0	123	109	22	16	0	0
			muertos	1	6	30	27	17	7	2	7	30	27	17	7
		R2	vivos	125	110	13	13	0	0	126	112	13	13	0	0
			muertos	1	5	29	26	10	9	1	7	29	26	10	9
		R3	vivos	132	108	14	12	0	0	110	106	14	12	0	0
			muertos	2	7	95	19	20	11	2	8	95	19	20	11
16/05/2009	Trat(180)	R1	vivos	55	39	12	1	0	0	48	32	4	0	0	0
			muertos	0	2	5	6	2	0	2	3	7	3	0	0
		R2	vivos	50	60	16	0	0	0	59	28	4	5	0	0
			muertos	2	16	1	7	1	2	1	3	11	4	6	1
		R3	vivos	80	35	72	0	0	0	86	41	6	0	0	0
			muertos	0	1	8	7	1	0	4	1	3	1	0	0

**Anexo 03: Evaluación de la acción residual del spinosad sobre *Sitophilus zeamais*
MOSTCHULSKY, 1855 (Coleoptera: curculionidae) en granos de maíz y trigo
almacenados expresado en porcentaje**

FECHA	Nº DE TRATAMIENTOS		TRATAMIENTO MAÍZ						TRATAMIENTO TRIGO						
			T	D1	D2	D3	D4	D5	T	D1	D2	D3	D4	D5	
02/10/2008	trat(15)	R1	vivos	100	92.5	55	47.5	0	0	95	90	80	12.5	0	0
			muertos	0	7.5	45	52.5	100	100	5	10	20	87.5	100	100
		R2	vivos	100	92.5	55	30	2.5	0	92.5	80	65	20	0	0
			muertos	0	7.5	45	70	97.5	100	7.5	20	35	80	100	100
		R3	vivos	100	90	57.5	22.5	0	0	95	87.5	67.5	10	2.5	0
			muertos	0	10	42.5	77.5	100	100	5	12.5	32.5	90	97.5	100
17/10/2008	trat(30)	R1	vivos	95	100	100	35	0	0	90	95	75	35	2.5	0
			muertos	5	0	0	65	100	100	10	5	25	65	97.5	100
		R2	vivos	100	97.5	95	25	0	0	90	90	72.5	30	10	0
			muertos	0	2.5	5	75	100	100	10	10	27.5	70	90	100
		R3	vivos	100	100	97.5	30	5	0	95	95	75	22.5	0	0
			muertos	0	0	2.5	70	95	100	5	5	25	77.5	100	100
16/11/2008	Trat(60)	R1	vivos	95	100	85	75	5	0	95	90	87.5	40	2.5	0
			muertos	5	0	15	25	95	100	5	10	12.5	60	97.5	100
		R2	vivos	100	100	97.5	65	7.5	0	100	95	87.5	37.5	7.5	0
			muertos	0	0	2.5	35	92.5	100	0	5	12.5	62.5	92.5	100
		R3	vivos	97.5	100	87.5	35	10	0	97.5	90	77.5	30	0	0
			muertos	2.5	0	12.5	40	90	100	2.5	10	22.5	70	100	100
16/12/2008	Trat(90)	R1	vivos	97.5	92.5	55	17.5	2.5	0	95	82.5	40	5	2.5	0
			muertos	2.5	7.5	45	82.5	97.5	100	5	17.5	60	95	97.5	100
		R2	vivos	97.5	95	42.5	32.5	5	0	95	87.5	30	7.5	0	0
			muertos	2.5	5	57.5	67.5	95	100	5	12.5	70	92.5	100	100
		R3	vivos	95	90	37.5	25	2.5	0	92.5	77.5	25	12.5	2.5	0
			muertos	5	10	62.5	75	97.5	100	7.5	22.5	75	87.5	97.5	100
15/01/2009	Trat(120)	R1	vivos	97.5	95	35	0	0	0	92.5	70	12.5	5	2.5	0
			muertos	2.5	5	65	100	100	100	7.5	30	87.5	95	97.5	100
		R2	vivos	95	97.5	30	5	0	0	90	45	52.5	5	0	0
			muertos	5	2.5	70	95	100	100	10	55	47.5	95	100	100
		R3	vivos	95	97.5	75	17.5	0	0	95	40	5	7.5	2.5	0
			muertos	5	2.5	25	82.5	100	100	5	60	95	92.5	97.5	100
14/02/2009	Trat(150)	R1	vivos	97.5	87.5	7.5	2.5	0	0	62.5	17.5	15	7.5	0	0
			muertos	2.5	12.5	92.5	97.5	100	100	37.5	82.5	85	92.5	100	100
		R2	vivos	90	80	10	5	0	0	57.5	17.5	10	5	2.5	0
			muertos	10	20	90	95	100	100	42.5	82.5	90	95	97.5	100
		R3	vivos	100	72.5	50	2.5	0	0	60	17.5	12.5	7.5	0	0
			muertos	0	27.5	50	97.5	100	100	40	82.5	87.5	92.5	100	100
16/03/2009	Trat(180)	R1	vivos	95	70	25	7.5	0	0	75	20	5	0	0	0
			muertos	5	30	75	92.5	100	100	25	80	95	100	100	100
		R2	vivos	92.5	35	30	5	0	0	75	25	2.5	0	0	0
			muertos	7.5	65	70	95	100	100	25	75	97.5	100	100	100
		R3	vivos	95	40	60	10	0	0	70	17.5	5	0	0	0
			muertos	5	60	40	90	100	100	30	82.5	95	100	100	100

Formula de Abbott

$$D \text{ corregida} = \frac{(D1-TEST) \times 100}{(100 - TEST)}$$

Anexo 04: Corrección de la evaluación de la actividad insecticida según la fórmula de abbot y expresado en porcentaje en granos de maíz en almacén.

TRAT.	15 Días	30 Días	60 Días	90 Días	120 Días	150 Días	180 Días
	%MUERTOS						
D1	7.5	0.0	0.0	5.1	2.6	10.3	26.3
D1	7.5	2.5	0.0	2.6	0.0	11.1	62.2
D1	10	0.0	0.0	5.3	0.0	27.5	57.9
D2	45	0.0	10.5	43.6	64.1	92.3	73.7
D2	45	5.0	2.5	56.4	68.4	88.9	67.6
D2	42.5	2.5	10.3	60.5	21.1	50.0	36.8
D3	52.5	63.2	21.1	82.1	100.0	97.4	92.1
D3	70	75.0	35.0	66.7	94.7	94.4	94.6
D3	77.5	70.0	38.5	73.7	81.6	97.5	89.5
D4	100	100	94.7	97.4	100.0	100.0	100.0
D4	97.5	100	92.5	94.9	100.0	100.0	100.0
D4	100	95	89.7	97.4	100.0	100.0	100.0
D5	100	100	100	100	100	100	100
D5	100	100	100	100	100	100	100
D5	100	100	100	100	100	100	100

Anexo 05: Corrección de la evaluación de la actividad insecticida según la fórmula de abbot y expresado en porcentaje en granos de trigo en almacén.

TRAT.	15 Días	30 Días	60 Días	90 Días	120 Días	150 Días	180 Días
	% MUERTOS						
D1	5.3	0.0	5.3	13.2	24.3	72.0	73.3
D1	13.5	0.0	5.0	7.9	50.0	69.6	66.7
D1	7.9	0.0	7.7	16.2	57.9	70.8	75.0
D2	15.8	16.7	7.9	57.9	86.5	76.0	93.3
D2	29.7	19.4	12.5	68.4	41.7	82.6	96.7
D2	28.9	21.1	20.5	73.0	94.7	79.2	92.9
D3	86.8	61.1	57.9	94.7	94.6	88.0	100.0
D3	78.4	66.7	62.5	92.1	94.4	91.3	100.0
D3	89.5	76.3	69.2	86.5	92.1	87.5	100.0
D4	100.0	97.2	97.4	97.4	97.3	100.0	100.0
D4	100.0	88.9	92.5	100.0	100.0	95.7	100.0
D4	97.4	100.0	100.0	97.3	97.4	100.0	100.0
D5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
D5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
D5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**RESULTADOS DE LOS DATOS PROCESADOS POR EL PROGRAMA SAS DE LA
ACTIVIDAD INSECTICIDA.**

Anexo 06: Comparación de medias de los porcentajes promedio (+/- error estándar) de la mortalidad de adultos de *s. Zeamais* después de la exposición a granos de maíz y trigo tratados con spinosad, según test de tukey.

Tipo de Grano	mediana	Comparación	n° de muestras
Maíz	65.25	A	105
Trigo	73.19	B	105

Anexo 07: Comparación de las medias de porcentaje promedio (+/- error estándar) de la mortalidad de adultos de *s. Zeamais* después de la exposición sobre granos almacenados tratados con cinco dosis de spinosad, según test de tukey

Dosis(mg/Kg)	mediana	Comparación	n° de muestras
4	100	A	42
2	98.04	A	42
1	79.45	B	42
0.05	47.67	C	42
0.01	20.95	D	42

Anexo 08: Comparación de medianas de porcentaje promedio (+/- error estándar) de la mortalidad de adultos de *s. Zeamais* después de la exposición sobre granos almacenados tratados con spinosad en tiempos de hasta 180 días, según test de tukey.

Tiempo (Días)	mediana	Comparación	n° de muestras
180	86.62	A	30
150	82.74	A	30
120	75.45	B	30
90	69.68	B	30
15	63.61	C	30
30	55.35	D	30
60	51.11	D	30

**RESULTADOS DE LOS DATOS PROCESADOS POR EL PROGRAMA SAS DE LA
ACCIÓN RECIDUAL.**

Anexo 09: Comparación de medias del número de individuos (+/- error estándar) de la progenie f1 de *s. Zeamais* después de la exposición a granos maíz y trigo tratados con spinosad, según test de tukey

Tipo de Grano	mediana	Comparación	n° de muestras
Maíz	200	A	126
Trigo	72	B	126

Anexo 10: Comparación de medias del número de individuos (+/- error estándar) de la progenie de *s. Zeamais* después de la exposición sobre granos almacenados tratados con cinco dosis con spinosad, según test de tukey

Dosis(mg/Kg)	mediana	Comparación	n° de muestras
Test.	229	A	42
0.1	224	A	42
0.5	193	B	42
1	132	C	42
2	31	D	42
4	6	E	42

Anexo 11: Comparación de medias del número de individuos (+/- error estándar) de la progenie de *s. Zeamais* después de la exposición sobre granos almacenados tratados con spinosad en tiempos de hasta 240 días, según test de tukey

Tiempo (Días)	mediana	Comparación	n° de muestras
60	293	A	30
30	211	B	30
90	177	C	30
15	117	D	30
120	74	E	30
150	59	F	30
180	20	G	30

Anexo 12: Datos de temperatura ambiente del centro meteorológico Alexander Von Humboldt.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AMBIENTAL FISICA Y METEOROLOGIA
OBSERVATORIO METEOROLOGICO ALEXANDER VON HUMBOLDT



JOEL V. ROMERO NEYRA

Lat.: 12°06'S

Long.: 76°57'W

Alt.: 243.7 msnm.

Temp. Prom.

AÑO 2008	(°C)
Set	17.2
Oct	17.4
Nov	19.8
Dic	22.2

AÑO 2009	
Ene	24.1
Feb	25.3
Mar	25.1
Abr	24.5
May	20.6
Jun	17.3
Jul	17.4
Ago	16.6
Set	16.7

Mg. Sr. Wilfredo Baldeón Quiroz
Jefe del Observatorio Meteorológico AVH

