

CONTROL BIOLÓGICO DE LA LANGOSTA CENTROAMERICANA *SCHISTOCERCA PICEIFRONS PICEIFRONS* WALKER (ORTHOPTERA: ACRIDIDAE) EN EL NORESTE DE MÉXICO

L. BARRIENTOS-LOZANO¹, D. M. HUNTER², J. ÁVILA-VALDÉZ³, P. GARCÍA-SALAZAR⁴ & J. V. HORTA VEGA¹

¹ Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Blvd. Emilio Portes Gil No. 1301. Cd. Victoria, Tamaulipas, C.P. 87010. México. ludibarrientos@prodigy.net.mx

² Australian Plague Locust Commission GPO Box 858, Canberra ACT 2601. Australia.

³ INIFAP- Campo Experimental Sur de Tamaulipas, Apdo. Postal 10, Altamira, Tamaulipas, C.P. 89610. México.

⁴ Junta Local de Sanidad Vegetal-Mante, DDR 161, Cd. Mante, Tamaulipas, México.

RESUMEN La langosta Centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) presenta explosiones poblacionales frecuentes en México y Centro América. De aproximadamente diez especies del género *Schistocerca* que ocurren en México, ésta es la única con transformación fásica y capacidad de gregarizar y emigrar grandes distancias. Por décadas sus altas poblaciones se han controlado casi exclusivamente con productos químicos; hasta 1989-1990 con organoclorados, después con organofosforados y carbamatos, principalmente. En 1998 se iniciaron estudios en México para desarrollar alternativas de manejo más benignas con el ambiente. Estos trabajos condujeron al desarrollo de un bioinsecticida cuyo ingrediente activo es *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*. Esporas de los aislamientos MaPL40 y MaPL32 (4×10^{10} esporas/g), se recomiendan en dosis de 25 g de esporas/ha para controlar ninfas de 1° a 5° estadio, o de 50 g para ninfas de 6° estadio y volador joven (no se recomienda contra adultos de más de tres semanas o mangas). La aplicación es convencional o de Ultra Bajo Volumen (UBV). Las aplicaciones a UBV son preferidas, pues las esporas del patógeno son lipofílicas, por lo que su dispersión en aceite facilita la adherencia a la cutícula del insecto, favorece la adherencia y las protege de la deshidratación, resultando en mayor efectividad. Para las aplicaciones UBV se recomienda mezclar las esporas en 1-2 l de aceite de soya crudo o citrolina/ha. Estudios de campo y laboratorio demuestran la efectividad de *M. a. acridum*, no obstante el producto no se usa de manera operacional debido a limitantes en producción masiva y manejo.

DESCRIPTORES Langosta centroamericana, control biológico, *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*.

ABSTRACT The Central American locust (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) exhibits frequent outbreaks in Mexico and Central America. Out of the ten species of the genus *Schistocerca* that occur in Mexico, this is the only one with phase transformation, capable of gregarizing and migrating long distances. For decades locust populations have been controlled with chemical products almost entirely; till 1989-1990 with organochlorines, later with organophosphates and carbamates, mainly. A Technical Cooperation Programme was started in 1998 to develop, introduce or validate appropriate technology for locust control in this region. As a result, native isolates of the natural occurring fungus *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* have been developed as biological insecticides. Spores of the Isolates MaPL40 and MaPL32 of *M. a.*

acridum are recommended, (4×10^{10} spores/g), at a dose of 25 g spores/ha to control 1st to 5th instar nymphs, or 50 g spores/ha to control 6th instar nymphs or young adults; the product is not recommended for more than three weeks old adults or swarms. Conventional or Ultra Low Volume (ULV) spraying may be used. ULV spraying is preferred, since *M. a. acridum* spores are lipophilic, oil suspension facilitates penetration through integument of insects, favours adherence and prevents desiccation resulting in a more effective product. For ULV applications spores of *M. a. acridum* are mixed in 1-2 l crude soy oil or citrolina/ha. Laboratory and field trials have demonstrated the efectivity of *M. a. acridum* against the Central American locust, however the mycoinsecticide is not used operationally yet, due to mass production and management limitants.

KEYWORDS Central American Locust, biological control, *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*.

INTRODUCCIÓN

Al menos diez especies del género *Schistocerca* (Orthoptera: Acridoidea) se presentan en México: *Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker, *S. pallens* Thunberg, *S. nitens* Thunberg, *S. americana* Drury, *S. centralis* Dirsh & Saussure, *S. camerata* Scudder, *S. flavofasciata* DeGeer, *S. damnifica* Saussure, *S. obscura* Fabricius y *S. shoshone* Thomas (Barrientos 2003, Weissman et al. 2005). De éstas, solamente *S. p. piceifrons* es gregaria, con transformación fásica y con capacidad para emigrar grandes distancias (Astacio 1990, Barrientos 2002, 2003).

El área de distribución de *S. p. piceifrons* se extiende desde el noreste de México hasta Costa Rica, siendo por tradición una de las principales plagas agrícolas en el sureste de México (Península de Yucatán, Campeche, Chiapas, Quintana Roo) y Centro América (Barrientos 1990). Sin embargo, los hábitos migratorios de la langosta le han permitido ampliar su distribución geográfica a otros estados donde las condiciones son propicias para su desarrollo. A la fecha, al menos dieciséis estados tienen problemas con esta plaga en México (DGSV 2003).

Las poblaciones de langosta empezaron a incrementarse en la región Huasteca, noreste de México (sur de Tamaulipas, Oriente de San Luis Potosí, Norte de Veracruz e Hidalgo) a partir de 1998. Actualmente la langosta

voladora se encuentra en fase gregaria en esta región. Entre los primeros reportes sobre la presencia de mangas de langosta en el sur de Tamaulipas se tiene el de Trujillo (1975), quien indica que en mayo de 1964 se controlaron mangas de *S. p. piceifrons* en Cd. Mante; posteriormente en 1980, García (2002) reporta haber observado una manga de langosta en González, Tamaulipas.

A solicitud de la Junta Local de Sanidad Vegetal de Cd. Mante (JLSV-Mante) y el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Sur del Estado de Tamaulipas (CESTAM), en 1998 se iniciaron actividades de asistencia técnica e investigación conjunta para el manejo y control de la langosta. Las acciones de monitoreo y control permanente contra esta plaga se iniciaron en 1998, en el sur de Tamaulipas, intensificándose de 2001 a la fecha; gradualmente el monitoreo y control de la plaga se han extendido a todos los estados afectados. Sin embargo, estas acciones no han sido suficientes para detener el incremento en las poblaciones de langosta cuyas mangas se desplazan de un estado a otro, ocasionando pérdidas importantes a la agricultura y la ganadería, principales actividades económicas en la región (Barrientos et al. 2002, 2003a, b).

El control químico es a la fecha la manera más rápida y efectiva de reducir las poblaciones de langosta cuando ocurre una explosión poblacional, sin embargo, los costos ambientales y daño a los ecosistemas pueden

ser muy altos, sobretodo cuando se asperjan productos químicos en áreas extensas.

Diferentes aislamientos de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* Driver y Milner (= *Metarhizium flavoviride* Gams & Rozsypal), han sido desarrollados como insecticidas biológicos para el control de langostas y acridoideos plaga. En África del Sur y África Occidental se comercializa el aislamiento IMI 330189 de *M. a. acridum* para el control de la langosta del desierto (*Schistocerca gregaria* Forskål) y otros saltamontes plaga (Lomer y Langewald 2001, Lomer et al. 2001a,b).

En Australia se usa con mucho éxito el aislamiento FI-985, que se comercializa con el nombre de Green GuardTM para el control de la langosta australiana (*Chortoicetes terminifera* Walker (Milner 2000, 2002a, b, Hunter et al. 2001, Milner y Hunter 2001, Milner et al. 2003, Hunter 2005).

En México y Brasil se han buscado aislamientos nativos de *M. a. acridum*, determinándose los más virulentos y patogénicos contra langosta y acridoideos plaga. En México los aislamientos MaPL32 y MaPL40 han proporcionado buenos resultados.

En Brasil se ha probado con resultados satisfactorios el aislamiento CG423 (Barrientos y Milner 2000, Hernández et al. 2000, 2003, Magalhães et al. 2001, Barrientos et al. 2002, Hernández 2002, Magalhães y Boucias 2003, Barrientos 2004, Magalhaes y De Faria 2005).

Uno de los objetivos principales de la asistencia técnica y la colaboración con la JLSV-Mante y el CESTAM, fue introducir y validar tecnología, así como productos alternativos para el control de la langosta.

En este trabajo se presenta información sobre la efectividad de los aislamientos MaPL32, MaPL40 y FI-985 para el control de *S. p. piceifrons* bajo condiciones de campo y se abordan los avances y las limitantes para el control biológico de esta plaga en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento en 2002

Un primer ensayo se realizó del 22 de octubre al 12 de noviembre de 2002 en Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas, sobre cultivo de soya, en lotes experimentales de 4 ha. Se utilizó el aislamiento MaPL32 y se probaron tres dosis: 25, 50 y 75 g de esporas (4×10^{10} esporas/g) por hectárea sobre ninfas de 3° a 5° instar. La densidad de población media fue de 12-15 ninfas/m². La aplicación fue convencional en forma terrestre. Las esporas fueron producidas mediante acuerdo de colaboración por el Australian Seed Inoculants (ASI Pty Ltd.), posteriormente Bio-Care Technology Pty Ltd. (Australia), ahora Becker Underwood Pty Ltd. Las esporas fueron formuladas en Australia en octubre de 2001 y mantenidas a temperatura de 5-6°C. Antes de la aplicación mostraron una viabilidad de 90% en pruebas de laboratorio.

Experimentos en 2003 (lotes de 4 ha)

Dos experimentos adicionales se realizaron en Estación Cuauhtémoc en octubre-noviembre de 2003 sobre cultivo de soya, también en lotes experimentales de 4 ha. La primera aplicación, realizada del 1 al 22 de octubre, se hizo en forma aérea-convencional, es decir la esporas de *M. a. acridum* se suspendieron en agua; la segunda aplicación fue en forma terrestre-convencional, del 22 de octubre al 8 de noviembre. En ambos experimentos se probaron los aislamientos MaPL32 y FI985, dosis de 25g esporas (4×10^{10} esporas/g) por hectárea sobre ninfas de 4° a 6° estadio. Las esporas fueron producidas por ASI Pty Ltd.

Experimentos en 2003 (lotes > 15 ha)

Del 5 al 20 de noviembre de 2003 se realizó un último experimento en el NCP

Aurelio Manríquez, Ejido Alfredo B. Bonfil, Municipio de Ébano, San Luis Potosí. Dos lotes (sitios 1 y 2) de 25 y 15 ha respectivamente, fueron tratados con el aislamiento MaPL32, cuyas esporas fueron producidas en el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico en Tecomán Colima, México. Un lote de 25 ha fue tratado con el aislamiento FI-985, con esporas producidas en Bio-Care Technology Pty Ltd. Para ambos aislamientos se utilizó una dosis de 25 g de esporas/ha formuladas en aceite de soya crudo.

Los cultivos en el sitio 1 (25 ha), tratado primero, estaban distribuidos en franjas de maíz maduro, de ca. 2 m de altura, soca de sorgo y sorgo maduro de 0.80 a 1.0 m de altura. El sitio 2 (15 ha) fue similar al primero, con una franja de maíz maduro y otra de sorgo prácticamente maduro. En el sitio 3 (25 ha), tratado con el aislamiento FI-985, los cultivos fueron sorgo maduro de ca. 1.0 m de altura, soca de sorgo y maleza de ca. 1.0 m de altura. Un lote adyacente de sorgo maduro y maleza fue dejado sin tratar (sitio 4). Las infestaciones eran ocasionadas por ninfas de 5° y 6° instar y volador joven.

Las esporas de ambos aislamientos de *M. a. acridum* se formularon en aceite de soya crudo, en proporción de 2.0 l de aceite más 25 g de esporas/ha, previo a la aplicación aérea de las mismas. La concentración de ambos aislamientos (MaPL32 y FI985) fue de 4×10^{10} esporas/g. La densidad de población de la plaga se estimó en seis transectos por sitio experimental, con intervalos de 100 m entre cada uno. El número de ninfas, más el número de adultos/m² se estimó en cada transecto a intervalos de 15 pasos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento en 2002

El porcentaje de mortalidad para cada una de las tres dosis probadas fue $\leq 90\%$. Con base

a este resultado, se utilizaron 25 g de esporas de *M. a. acridum*/ha en los ensayos realizados en 2003.

Los síntomas empezaron a observarse a partir del 4° día después de la aplicación, notándose las ninfas más lentas, con menor desplazamiento y disminuyendo el consumo de alimento. La mortalidad pico se observó para el 12° día, ocurriendo la esporulación de ninfas en campo, principalmente a través de tarsos y palpos.

Estos resultados están de acuerdo a los reportados por Barrientos-Lozano et al. (2002) y Hernández Velázquez et al. (2003). Sin embargo, en estos ensayos el efecto del producto se prolongó hasta el 22° día después de la aplicación, probablemente como consecuencia de la alta humedad relativa, fecha en la que aún se contaron 10-12 ninfas muertas/m², algunas esporuladas. Las lluvias frecuentes durante este periodo impidieron hacer las evaluaciones de manera consistente; no obstante la alta humedad relativa favoreció la efectividad y longevidad del producto.

Experimentos en 2003 (lotes de 4 ha)

Los resultados de estos experimentos se muestran en las Fig. 1 y 2. El tratamiento más efectivo fue el aislamiento australiano FI985, que proporcionó $\leq 90\%$ de mortalidad entre el 14° y 17° día después de la aplicación (Fig. 2). La mortalidad ocasionada por el aislamiento MaPL32 fue $\leq 50\%$ (Fig. 1 y 2).

Las esporas del aislamiento MaPL32 que habían sido producidas en octubre de 2001 por ASI Pty Ltd. en Australia, para octubre de 2003 mostraron 74% de viabilidad, lo cual podría explicar el bajo porcentaje de efectividad. El incremento en la sobrevivencia de 20% el día 16° a casi 60% el día 22°, se debe a que los lotes tratados frecuentemente son reinfestados por ninfas y adultos, lo cual ocurrió con el lote tratado con el aislamiento FI985.

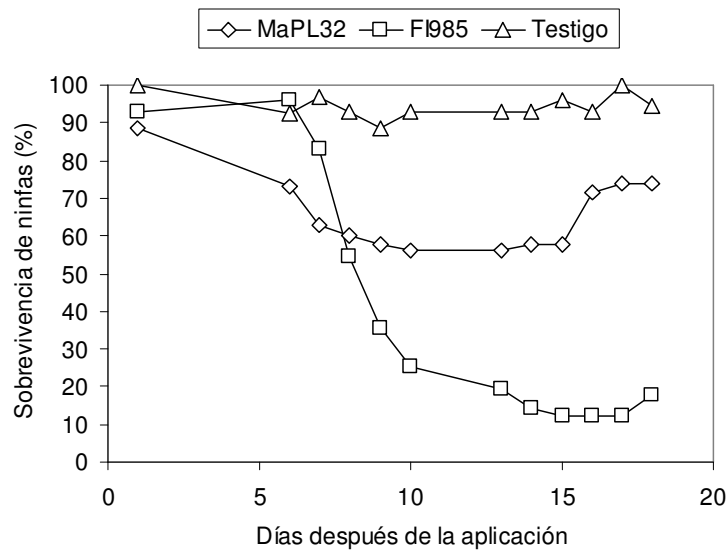


Fig. 1. Porcentaje de sobrevivencia de ninfas de *S. p. piceifrons* tratadas con aplicación terrestre de *M. a. acridum*. Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas. 1 a 22 de octubre de 2003.

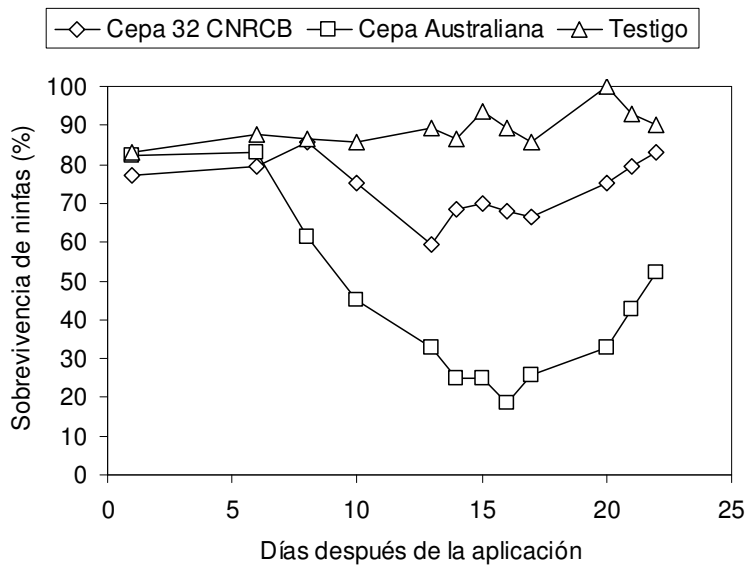


Fig. 2. Porcentaje de sobrevivencia de ninfas de *S. p. piceifrons* tratadas con aplicación aérea de *M. a. acridum*. Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas. Del 22 de octubre 22 al 8 de noviembre de 2003.

Experimentos en 2003 (lotes > 15 ha)

La mayoría de las ninfas y adultos se encontraban sobre el suelo o reposando en el

tallo de las plantas de maíz y sorgo, comportamiento asociado con su estado de desarrollo. Sobre la soca del sorgo la densidad media de langostas fue 3-5 ninfas/adultos/m²,

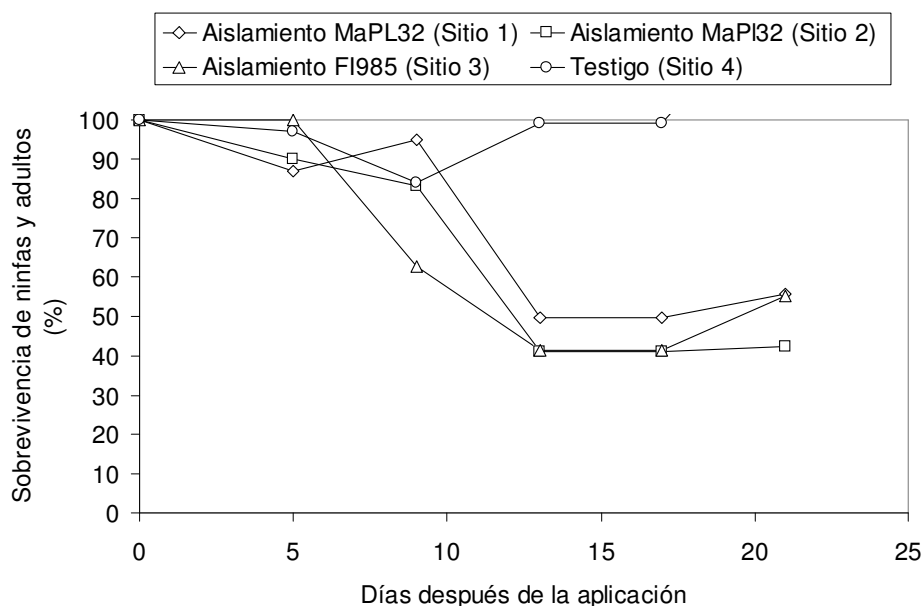


Fig. 3. Porcentaje de sobrevivencia de *S. p. piceifrons* después de aplicaciones de *M. a. acridum* (MaPL32, México; FI985, Australia). N = 36-137 muestras por sitio.

mientras que en sorgo y maíz maduro la densidad media fue 10-12 ninfas/m², con sub-bandos de 30-50/m² en algunas áreas. Es posible que los sub-bandos marchando entre la vegetación densa no hayan sido expuestos lo suficiente al producto.

Al 5° día después de la aplicación, cerca de 50% de las ninfas habían pasado al estado adulto; los adultos jóvenes se observaban reposando en el tallo de plantas de maíz o sorgo en densidades altas, aspecto similar al de una manga. Al 9° día se observó disminución en la densidad de población, contándose de 3-5 insectos muertos/m² en los sitios 1 y 3 y hasta 10-12/m² en el sitio 2, donde inicialmente se encontraban sub-bandos de 30-50 ninfas/adultos/m². Para el día 13° se contaron hasta 20-25 insectos muertos/m² en el sitio 2, observándose una disminución promedio de 60-70% en los tres sitios tratados (Fig. 3). Después del día 20° no hubo incremento en la mortalidad, en referencia a la observada para el día 13°. La mortalidad pico ocurrió entre el

9° y 13° día después de la aplicación, con una temperatura promedio de 30°C, condiciones similares a las que ocurre la mortalidad pico en Australia durante el verano, con días más largos y temperatura media de 30-35°C (Hunter et al. 2001).

Efecto de la altura y densidad del cultivo

Para los ensayos realizados en el 2002 las tres dosis proporcionaron un alto porcentaje de mortalidad ($\leq 90\%$), lo cual pudo atribuirse a que la aplicación se hizo sobre la soya, un cultivo de poca altura y poco denso, condición que favorece una buena distribución y cobertura del bio-insecticida y facilita su contacto con las ninfas. Resultados similares se obtuvieron cuando *M. a. acridum*, cepa MaPL32, fue aplicado contra bandos de langosta en pastizales (Hernández et al. 2003).

Por el contrario, en el segundo experimento de 2003 (5-20 de noviembre), la aplicación se realizó sobre sorgo y maíz,

ambos cultivos con una altura de 0.80 m o más, lo cual pudo haber dificultado la penetración de las gotas del producto y su distribución no fue homogénea, por lo que la efectividad fue menor ($\leq 70\%$). Scanlan et al. (2001) indican que cuando la vegetación es muy alta y muy densa, gran parte del producto cae en la parte más alta de las plantas y poco de éste alcanza las ninfas o adultos blanco que se encuentran en el suelo o reposan sobre el tallo y debajo de las hojas, en cuyo caso se requiere aplicar dosis más altas. Dosis de 50-75 g de esporas/ha en vegetación alta y densa han dado excelentes resultados en Australia y en México (Hunter et al. 1999, Barrientos et al. 2002, Hernández et al. 2003).

Factores que limitan el uso operacional de *M. a. acridum*

La investigación de laboratorio y campo que se ha realizado en México para el control biológico de la langosta voladora con *M. a. acridum*, ha sido fructífera y de suma importancia (Barrientos & Milner 2000, Hernández et al. 2000, Barrientos et al. 2002, 2003, Milner et al. 2003, Barrientos 2004). No obstante, no ha sido suficiente para conducir al uso operacional del producto; se considera que al menos 25-30% de la superficie afectada anualmente por la plaga de langosta debiera manejarse con este u otro producto biológico, para tener en la práctica un manejo integrado de la misma. Algunos de los factores que limitan el uso operacional de *M. a. acridum* en México se abordan brevemente.

Los aislamientos MaPL32 y Ma PL40 han demostrado buena efectividad para el control de la langosta centroamericana (*S. p. piceifrons*). No obstante, el aislamiento MaPL32 ha proporcionado consistentemente mejores resultados en campo que el aislamiento MaPL40 (Barrientos et al. 2002, Hernández et al. 2003), además de tener actividad a un rango más amplio de temperatura (15-35°C) (Milner et al. 2003).

Dosis de 25-50 g de esporas/ha de *M. a. acridum*, cepa MaPL32, proporcionan resultados excelentes contra la langosta centroamericana. Sin embargo, se requieren ensayos de campo adicionales, bajo diferentes condiciones (temperatura, precipitación, vegetación, tipos de cultivo, etc.), para poder dar una recomendación de acuerdo al cultivo, condiciones ambientales y características de la infestación. La baja producción de esporas de *M. a. acridum* por kilogramo de arroz es un problema adicional, ya que es de solamente 10-12 g, mientras que en Australia y África, donde se usa el mismo hongo para el control de plagas de langosta, logran producir hasta 70-100 g de esporas/kg de arroz (Hunter 2005).

Para hacer accesible el producto y la tecnología de su manejo a productores y personal de campo, es indispensable aumentar la producción de esporas por kilogramo de arroz, lo cual disminuirá el costo del producto por hectárea, haciéndolo competitivo con los productos químicos disponibles. El problema de producción de esporas por kilogramo de arroz ha sido abordado por Cepeda et al. (2005a, b); haciendo ajustes en la metodología de producción, estos autores lograron incrementar la producción hasta 60 g de esporas/kg de arroz.

Resueltos los problemas técnicos de producción de esporas, calidad de producción, formulación y almacenaje, podrá darse la atención adecuada a la tecnología de aplicación y evaluación en campo.

El efecto del producto sobre otros organismos (aves, peces, invertebrados) y el ambiente en general, deberá ser también debidamente documentado.

LITERATURA CITADA

- Astacio, C. O. 1990.** La Langosta voladora o chapulín *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker) en Centroamérica. OIRSA. Nicaragua. 42 p.

- Barrientos L., L. 1990.** La langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons* Walker, 1870) (Orthoptera: Acrididae). Plaga mayor de la agricultura en el SE de México y Centro América: Impacto y Significancia. BIOTAM 2: 31-37.
- Barrientos L., L. 2002.** El problema de la langosta (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) en México y Centro América, p. 1-6. *In:* L. Barrientos-Lozano (ed.), Memoria del Curso I Internacional, Ecología, manejo y control de la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker). Noviembre 5-7, 2001. Altamira, Tamaulipas, México.
- Barrientos L., L. 2003.** Orthopteros plaga de México y Centro América: Guía de Campo. Dinámica Impresa S.A. México. 114 p.
- Barrientos-Lozano, L. 2004.** Uso actual, futuro y comercialización de hongos entomopatógenos en el control de plagas. TecnoIntelecto Vol. 1: 1-10.
- Barrientos-Lozano, L., P. García-Salazar & J. Ávila-Valdez. 2003a.** Management of a locust outbreak in Mexico, p. 25-27. *In:* J. A. Lockwood (ed.). Advances in Applied Acridology, Vol. 3. Association for Applied Acridology International. USA.
- Barrientos L., L., P. García Salazar & J. Ávila Valdez. 2003b.** Introducción y validación de tecnología para el control de la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) en México, p. 2. *In:* Memoria del 15° Encuentro Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México. Mayo 29-30. Altamira, Tamaulipas. México.
- Barrientos-Lozano, L., V.M. Hernández-Velázquez, R.J. Milner & D.M. Hunter. 2002.** Advances in biological control of locusts and grasshoppers in Mexico. Journal of Orthoptera Research 11: 77-82.
- Barrientos L., L. & R. J. Milner. 2000.** Uso potencial de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* para el control biológico de acridoideos en América Latina, p. 189-192. *In:* Memorias XXIII Congreso Nacional de Control Biológico. Guanajuato, México.
- Cepeda, P. M. G., L. Barrientos L. & S. E. Salazar. 2005a.** Comparación de dos metodologías para la producción masiva de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, p. 64-72. *In:* L. Barrientos-Lozano & P. Almaguer-Sierra (eds.), Memoria del 2° Curso Internacional Manejo integrado de la langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) y acridoideos plaga en America Latina. Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tamaulipas, México.
- Cepeda, P. M. G., L. Barrientos L. & S. E. Salazar. 2005b.** Comparación de dos metodologías para incrementar la producción de esporas de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, p. 57-62. *In:* M.R. Bujanos, C.J.C. Delgado, M.F. Tamayo & J.A. Marín (eds.), Memorias XXVIII Congreso Nacional de Control Biológico. Noviembre 18-25, 2005. San Miguel de Allende Guanajuato, México.
- [DGSV] Dirección General de Sanidad Vegetal-Servicio Nacional de Sanidad Vegetal, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2003.** Memoria del Curso Regional sobre la langosta (*Schistocerca piceifrons piceifrons*). Abril 28-30. Campo Experimental Ébano. CIRNE-INIFAP-SAGARPA. 93 p.
- García, S. P. 2002.** Situación actual del problema de la langosta en el sur del estado de Tamaulipas, p. 12-14. *In:* L. Barrientos-Lozano (ed.), Memoria Curso I Internacional, Ecología, manejo y control de la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker). Noviembre 5-7, 2001. Altamira, Tamaulipas, México.
- Hernández-Velázquez, V. 2002.** Desarrollo de un insecticida biológico en México: producción, formulación y aplicación, p. 159-168. *In:* L. Barrientos Lozano (ed.). Memoria Curso I Internacional, Ecología,

- manejo y control de la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker). Noviembre 5-7, 2001. Altamira, Tamaulipas, México.
- Hernández-Velázquez, V., D.M. Hunter, L. Barrientos-Lozano & R. Lezama-Gutiérrez. 2003.** Susceptibility of *Schistocerca piceifrons* (Orthoptera: Acrididae) to *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* (Deuteromycotina: Hyphomycetes): Laboratory and field trials. Journal of Orthoptera Research 2: 89-92.
- Hernández-Velázquez, V. M, A. M. Berlanga-Padilla & L. Barrientos-Lozano. 2000.** Vegetable and mineral oil formulations of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* to control the Central American locust (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) (Orthoptera: Acrididae). Journal of Orthoptera Research 9: 223-227.
- Hunter, D. M. 2005.** Mycopesticides as part of integrated pest management of locusts and grasshoppers. Journal of Orthoptera Research 14: 197-201.
- Hunter, D.M., R.J. Milner., J.C. Scanlan & P.A Spurgin. 1999.** Aerial treatment of the Migratory locust, *Locusta migratoria* (L.) (Orthoptera: Acrididae) with *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) in Australia. Crop Protection 18: 699-704.
- Hunter, D.M., R.J. Milner & P.A Spurgin. 2001.** Aerial treatment of the Australian plague locust *Chortoicetes terminifera* Walker (Orthoptera: Acrididae) with *M. anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes). Bulletin of Entomological Research 91: 93-99.
- Lomer, C. J. & J. Langewald. 2001a.** What is the place of biological control in acridid integrated pest management?. Journal of Orthoptera Research 10: 335-341.
- Lomer, C.J., R.P Bateman, D.L. Johnson. J. Langewald & M. Thomas. 2001b.** Biological control of locusts and grasshoppers. Annual Review of Entomology 46: 667-702.
- Magalhaes, B.P. & M.R. de Faria 2005.** Controle de gafanhotos com fungos entomopatogénicos: perspectiva Brasileira, p. 171-179. In: L. Barrientos-Lozano & P. Almaguer-Sierra (eds.), Memoria 2° Curso Internacional Manejo integrado de la langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) y acridoideos plaga en America Latina. Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tamaulipas, México.
- Magalhães, B.P. & D.G. Boucias. 2003.** The effects of drying on the survival *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* Driver & Milner conidiospores. Journal of Orthoptera Research 13: 155-159.
- Magalhães, B.P., M.R de Faria., M. Lecoq, F.G.V. Schmidt., J.B.T. Silva., H.S. Frazão., G. Balança & A. Foucart. 2001.** The use of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* against the grasshopper *Rhammatocerus schistocercoides* in Brazil. Journal of Orthoptera Research 10: 199-202.
- Milner, R.J. 2000.** Formulation of Entomopathogenic fungi, p. 187-189. In: Memorias XXIII Congreso Nacional de Control Biológico. Guanajuato, México.
- Milner, R.J. & D.M. Hunter. 2001.** Recent developments in the use of fungi as biopesticides against locust and grasshoppers in Australia. Journal of Orthoptera Research 10: 271-276.
- Milner, R.J. 2002a.** The history of Green Guard a fungal biopesticide for Australian locusts and grasshoppers, p. 142-153. In: L. Barrientos-Lozano (ed.), Memoria Curso I Internacional, Ecología, manejo y control de la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker). Noviembre 5-7, 2001. Altamira, Tamaulipas, México.

- Milner, R.J. 2002b.** Biopesticides, Green Guard®. CSIRO, Australia. Pesticide Outlook 10: 20-24.
- Milner, R.J., L. Barrientos-Lozano, F. Driver & D. Hunter. 2003.** A comparative study of two Mexican isolates with an Australian isolate of *Metarhizium anisopliae* var *acridum*-strain characterization, temperature profile and virulence for wingless grasshopper, *Phaulacridum vittatum*. BioControl 48: 335-348.
- Scanlan, J.C., W.E. Grant, D.M. Hunter & R. J. Milner. 2001.** Habitat and environmental factors influencing the control of migratory locusts (*Locusta migratoria*) with an entomopathogenic fungus (*Metarhizium anisopliae*). Ecological Modelling 136: 223-236.
- Trujillo, G.P. 1975.** El Problema de la langosta *Schistocerca paranensis* Burm. Sociedad de Geografía y Estadística. Baja California, México. 151 p.
- Weissman, D.B., H. Song & L. Barrientos-Lozano. 2005.** Locust outbreak on Socorro Island, Islas Revillagigedo, Mexico. Entomología Mexicana 4: 102- 106.

Recibido: 3 de febrero del 2006

Aceptado: 20 de junio del 2006