

LA AGROBIOTECNOLOGÍA COMO UNA ESTRATEGIA PROMISORIA PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA GALLINA CIEGA (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)

María Eugenia Nuñez-Valdez¹, Zitlhally Rodríguez-Segura²,
Alina Gómez Poupard³, Angel Alonso Romero-López⁴
y Francisco Javier Villalobos-Hernández¹

¹Profesore-Investigador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UAEM.

Email: eugenia@uaem.mx y franvi@uaem.mx

²Estudiante de Maestría del Centro de Investigaciones en Biotecnología, UAEM.

Email: soneimy@yahoo.com.mx

³Facultad de Ciencias Biológicas, UAEM. Email: princesita_alijai@yahoo.com.mx

Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Av. Universidad 1001, Col Chamilpa, CP 62210, Cuernavaca, Morelos, México. Tel/Fax (777) 329 70 46

⁴Estudiante de Doctorado del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politecnico Nacional, Yautepec, Morelos, México.

Tel.: (052) (735) 39-4-20-20; Fax: (052) (735) 39-4-18-96

Email: aaromero@ipn.mx

Palabras clave: *Scarabaeidae, bacterias entomopatógenas, agrobiotecnología, sustentabilidad, biodiversidad del suelo.*

JUSTIFICACIÓN

El sector agropecuario en México atraviesa por una severa crisis ecológica, social y económica que exige una pronta respuesta. El campo mexicano requiere una productividad alta y rápida así como una mayor calidad. El papel de la Agrobiotecnología al respecto se vislumbra como promisorio. Tal es el caso de la implantación de técnicas modernas aplicadas al mejoramiento de la calidad de los productos como el

maíz, cultivo clave en la historia de México. Uno de los principales factores que disminuyen la producción agrícola es el ataque por plagas, entre las cuales la gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeidae), se considera como la segunda plaga de mayor importancia en México (Villalobos 1992).¹ En el cultivo de maíz las larvas se alimentan de las raíces de las plantas causando cuantiosas pérdidas. Se estima que los

¹ En algunos casos como en la comunidad de Buena Vista del Monte, Morelos, se considera como la plaga principal.

mayores estragos se presentan en 10 estados centrales de la República, lo que representa aproximadamente el 50% de la superficie dedicada a este cultivo (Villalobos 1992). Según una encuesta aplicada a productores de 40 localidades de Morelos, durante el ciclo primavera-verano del 2000, se perdió un promedio de 32% de la producción de grano por el efecto de la gallina ciega. Dicha pérdida equivale a 50 de 152 ton de maíz producidas en las 92 ha muestreadas. Extrapolando esta información al total de hectáreas sembradas con maíz durante 1998 (44, 459 ha), se afectaron en ese año ~20, 451 ha. Con estos datos se estima que por causa de la gallina ciega se perdió un tercio (31, 868 ton) de la producción estatal de maíz (99, 590 ton), lo que resulta en mermas económicas equivalentes a unos 57 millones de pesos anuales (Nuñez-Valdez *et al.*, 2002).

Existe una gran dificultad para el manejo de la gallina ciega del género *Phyllophaga*, debido a su notable diversidad. En México, 68 especies de Melolonthinae se han considerado como plagas o plagas potenciales (Morón, 1994). Por otra parte, debe considerarse la complejidad de la matriz viviente donde habitan que es el medio edáfico. El suelo es un medio opaco y estratificado con múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos; con variaciones en tiempo y espacio². El suelo constituye el hábitat natural de la fase larvaria de estos insectos que es la más perjudicial para los cultivos. Es por esta razón que resulta complicado un manejo de estos insectos, que

garantice un éxito predecible en una gran gama de condiciones edáficas y prácticas culturales como las existentes en México. Durante muchos años el método utilizado para su control ha sido el químico, el cual como es bien conocido, presenta serias desventajas para el hombre y el ambiente (Restrepo 1988). Han surgido diferentes paradigmas para el manejo de insectos plaga, incluyendo el control cultural y el control biológico con distintos enfoques para la resolución del problema.

El papel de los microorganismos en los diferentes paradigmas para el manejo de la gallina ciega.

Recientemente se está vislumbrando un paradigma conocido como “manejo sustentable” para lograr una solución alternativa al daño causado por la gallina ciega (Villalobos, 1995; 2003). Dentro de este paradigma se incluye el uso de microorganismos entomopatógenos para disminuir el daño causado por estos insectos y paralelamente, promover las actividades benéficas de los mismos y así promover su influencia positiva en la fertilidad del suelo. Las funciones benéficas potenciales que en un medio propicio puede desplegar la gallina ciega son similares a las de otros organismos del suelo y se enlistan en el Cuadro 1. Los organismos del suelo contribuyen a un amplio rango de funciones esenciales para la sustentabilidad de los agroecosistemas al actuar como los agentes principales que dirigen el reciclaje de nutrientes. Además, la biota edáfica regula la dinámica de la materia orgánica, el secuestro del carbono en el suelo así como la emisión de gases de invernadero. Estos organismos también modifican la estructura física del suelo y

²

<http://www.fao.org/ag/agl/agll/soilbiod/docs/sbstt-a-07-inf-11-en.pdf>

su régimen hídrico, incrementan la cantidad y la eficiencia de la asimilación de nutrientes por las plantas y promueven la salud vegetal. Estos servicios no solo son esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas naturales sino que además constituyen un importante recurso para el manejo sustentable de los agroecosistemas². Si bien, estas funciones no han sido experimentalmente demostradas para el caso específico de las gallinas ciegas, el conocimiento de la fauna del suelo en el trópico Mexicano (véase por ejemplo Alvarez-Sánchez y Naranjo-García 2003) permite sugerir que dichas funciones benéficas pueden ser posibles también para estos insectos. Las gallinas ciegas no deben ser excluidas del resto de la biodiversidad del suelo por su potencialidad de causar consecuencias indeseables para el hombre.

A la fecha no existe en México ningún bioinsecticida bacteriano disponible y efectivo para el manejo del daño causado por estos insectos. A nivel mundial, solo existen dos productos comerciales, uno a base de *Bacillus thuringiensis* denominado BUIHUNTER (Ellis et al, 2004) y otro a base de *Serratia entomophila* denominado INVADE™ (Jackson et al., 1992, O'Callaghan et al., 2002). Sin embargo su actividad insecticida parece ser específica para especies no existentes en México. También se ha registrado y producido en pequeña escala un preparado a base de *Bacillus popilliae* (Klein 1992), pero, debido a dificultades en su cultivo *in vitro* no se ha desarrollado exitosamente. Es de gran importancia el desarrollar productos para el manejo de estos insectos que sean accesibles para los productores mexicanos y en especial para los que

practican una agricultura de subsistencia. Una de nuestras líneas de investigación persigue ese objetivo y consiste en la búsqueda, identificación y caracterización de cepas bacterianas con actividad entomopatógena. Hemos identificado una gama de cepas bacterianas de diferentes géneros con actividad entomopatógena expresada a diferentes niveles (Calderón, 1998, Barreda 2000, Romero-López 2001, Nuñez-Valdez et al., 2003, Rodríguez-Segura 2004). Unas provocan efecto inhibitorio de la alimentación (AFE siglas del inglés "antifeeding effect") de gallinas ciegas, inhibición que va desde el 50% hasta el 90% bajo las condiciones estudiadas. Una de las cepas presenta un AFE reversible; es decir, inhibe la alimentación de la larva cuando la bacteria está presente en su alimento. Una vez que la misma se retira del alimento, la larva continúa con su alimentación. Algunas cepas que presentan buen AFE conducen finalmente a una mortalidad en las larvas, mientras que otras con un AFE relativamente bajo, no causan mortalidad. Estas distintas características de los efectos de las cepas permitirán su aplicación agrobiotecnológica con 3 diferentes enfoques: I) siendo que las larvas provocan el daño al alimentarse de las raíces y el efecto de algunas cepas inhibe tal proceso sin provocar la muerte del insecto, la probabilidad del desarrollo de resistencia a las toxinas involucradas en la patogenicidad, es menor, puesto que se está disminuyendo la presión de selección (Núñez-Valdez, 1993). II) si se busca la muerte del insecto como estrategia de control, se han identificado cepas que producen AFE, por lo tanto disminuyen el daño y causan posteriormente la muerte y III) si lo que se pretende es

eliminar el daño del insecto y aprovechar la actividad benéfica del mismo en la fertilidad del suelo reorientando la actividad alimenticia de la larva de rizofagia a saprofagia, entonces utilizaremos cepas que inhiban la alimentación de manera reversible. Este último enfoque presenta ventajas adicionales, como la mejora en la fertilidad de los suelos y un mejor aprovechamiento y conservación de los recursos. También evita el surgimiento de plagas secundarias y podría aprovechar además el potencial de las bacterias entomopatógenas identificadas por nuestro grupo de investigación y que pertenecen a los géneros *Serratia*, *Bacillus*, *Enterobacter* y *Alcaligenes*, como promotoras de la germinación y el crecimiento vegetal. Resultados recientes de nuestro grupo han mostrado que algunas de estas cepas estimulan el proceso de germinación (Gómez-Poupard y cols.; en preparación) y se ha reportado que cepas de estos géneros presentan actividad estimulante del crecimiento vegetal (Bai, et al., 2002; Ercisli, et al., 2003; Ryu, et al., 2003; Zhang et al., 1996). Todas estas características encajan muy bien en el paradigma de "manejo sustentable" de la gallina ciega (Villalobos, 1995, 2003). Estos productos agrobiotecnológicos podrían utilizarse para una agricultura orgánica y también para el mejoramiento de sistemas de producción agrícola como la "labranza de conservación" (Villalobos et al., 2003), así como para su adopción por productores a pequeña y gran escala, disminuyendo los insumos contaminantes normalmente utilizados como los fertilizantes y plaguicidas químicos.

Perspectivas de la agrobiotecnología para el manejo de la gallina ciega.

Un posterior estudio y caracterización a nivel molecular de los microorganismos y de las posibles toxinas o metabolitos involucrados en tal efecto, permitirá su desarrollo biotecnológico como agentes de control con diferentes enfoques y estrategias que permitan disminuir el daño causado por gallina ciega y maximizar la producción agrícola. Así mismo, el conocimiento a nivel molecular de los determinantes patogénicos de las cepas identificadas aportará herramientas para la generación futura de plantas transgénicas capaces de sintetizar en las raíces las toxinas activas contra gallina ciega, lo que presentaría ventajas para los productores en cuanto a ahorro en gastos de insecticidas y en aplicaciones constantes del producto. Además, como se señaló arriba, se favorecería la saprofagia en las gallinas ciegas, reinvertiendo el efecto dañino en uno benéfico para el suelo y los cultivos, es decir en una mayor fertilidad edáfica.

Cabe destacar la importancia de que las cepas aisladas presenten potencialmente un amplio rango de acción dentro del género *Phyllophaga*, aspecto relevante desde el punto de vista de que, como se mencionó anteriormente, este género es uno de los principales causantes de los daños a los cultivos de maíz en México y muchos otros cultivos en nuestro país y en el mundo.

La identificación por nuestro grupo de trabajo de especies bacterianas como *Bacillus sphaericus*, *Serratia marcescens*, *Enterobacter spp.* y *Alcaligenes spp.* no reportadas anteriormente como patógenas de larvas de coleópteros, abrirá las puertas al hallazgo de nuevas potencialidades

biotecnológicas inexploradas, lo cual coloca a la Facultad de Ciencias Agropecuarias como líder en esta área especializada de la agrobiotecnología.

Los resultados de nuestro trabajo representan una estrategia efectiva para el aislamiento de nuevas cepas bacterianas patógenas hacia insectos

plaga. Su implemento como principal método de control de insectos permitiría reducir los grandes efectos negativos que presenta el uso de compuestos químicos, haciendo preferente la aplicación de “entomopatógenos bacterianos” y un menor impacto negativo en los sistemas de producción.

Cuadro 1. Funciones ecológicas potenciales de las gallinas ciegas que pueden contribuir a la fertilidad del suelo (para mayor información ver Villalobos 1994).

	Funciones
Físicas	<p>a) Como el de otros componentes de la macrofauna del suelo, el movimiento vertical y horizontal de las larvas puede permitir una mayor aireación y drenaje, así como una mayor penetración de las raíces a capas profundas del suelo. Este movimiento puede variar en función de la edad, condiciones edáficas, biomasa de raíces vivas o muertas, compuestos atrayentes emanados por las raíces, gradientes de CO₂ y factores genéticos.</p> <p>b) A través de su actividad alimenticia, las larvas pueden facilitar el transporte de materia orgánica e inorgánica de capas superiores del suelo a capas inferiores y viceversa. c) Además, al morir estas larvas permiten el transporte de su materia de un lugar a otro del suelo</p>
Químicas	<p>a) Al incorporar elementos clave para la fertilidad del suelo en su organismo podrían estar inmovilizándolos y previniendo su lixiviación durante la temporada de lluvias.</p> <p>b) Tanto larvas como adultos podrían jugar un papel importante en la exportación de los nutrientes del suelo al subsistema aéreo a través de mecanismos tales como de la depredación.</p> <p>c) Pueden participar en la degradación química de la materia orgánica del suelo y promover un efecto sinérgico con los microorganismos del suelo para este fin.</p> <p>d) Es posible que los microorganismos, principalmente bacterias del suelo asociados a las larvas, participen en la humificación de compuestos orgánicos.</p>
Biológicas	<p>a) Las larvas establecen relaciones tróficas con las raíces vivas de las plantas que podrían hacer la función de un forrajeo y jugar un papel importante en su regeneración.</p> <p>b) Las larvas tienen relaciones tróficas con otros componentes de la fauna del suelo y su ausencia puede afectar la composición de la misma</p> <p>c) Las larvas pueden facilitar la dispersión de hongos micorrízicos y por lo tanto la actividad de las raíces vegetales vivas.</p> <p>d) Las larvas podrían tener un impacto directo o indirecto en la regulación de las poblaciones de microorganismos fitopatogénicos.</p>

LITERATURA CITADA

- Alvarez-Sánchez, J y Naranjo, E. 2003. Ecología del Suelo en la Selva Tropical Húmeda de México. UNAM-INECOL, A.C. 302 pp.
- Bai, Y., Souleimanov, A. and Smith, D.L. 2002. An inducible activator produced by *Serratia proteamaculans* strain and its soybean growth-promoting activity under greenhouse conditions, *Journal of Experimental Botany*. 53:1495-502.
- Barreda, M.A. 2000. Caracterización de cepas de *Bacillus thuringiensis* potencialmente tóxicas para larvas de escarabajos Melolonthidae (gallina ciega). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana. 59 pp.
- Calderón, M.A. 1998. Búsqueda, Aislamiento e Identificación de *Serratia* spp. (Enterobacteriaceae) entomopatógeno de larvas de Melolonthidae (Coleoptera) en la Reserva de la Biosfera "El Cielo" en Tamaulipas. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias, UNAM. 65 pp.
- Ercisli, S., Esitken, A., Cangı, R. and Sahin, F., 2003. Adventitious root formation of kiwifruit in relation to sampling date, IBA and *Agrobacterium rubi* inoculation, *Plant Growth Regulation* 41:133-137.
- Jackson, T. A., Pearson, J. F., O'Callaghan, M., Mahanty, K. & Willocks, M. J. 1992. Pathogen to product - development of *Serratia entomophila* Enterobacteriaceae as a commercial biological control agent for the New Zealand grass grub (*Costelytra zealandica*). - In: Jackson, T. A. and Glare, T. R. (eds.), *Use of Pathogens in Scarab Pest Management*. Intercept, Andover, Hampshire, pp. 191-198.
- Klein, M. G. 1992. Bacterial diseases of Scarabs. In: Jackson, T. A. and Glare, T. R. (eds.), *Use of Pathogens in Scarab Pest Management*. Intercept, Andover, Hampshire, pp. 43-62.
- Morón, M.A. 1984, Escarabajos: 200 Millones de años de evolución. Publicación Especial del Instituto de Ecología, A.C. 132 pp.
- Morón, M.A. 1994. Aspectos bioecológicos sobre Scarabaeidae (*sensu lato*) (Insecta: Coleoptera). In: *Memorias XXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología*:151-158.
- Núñez-Valdez, M. E., Romero-López, A. A., Arzuffi, R., Aldana, L., Valdés, M. E., Figueroa, R. y Villalobos, F.J. 2002. Agrobiotecnología aplicada al manejo integrado de plagas subterráneas: un enfoque promisorio para el manejo de la gallina ciega (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) y el picudo negro del nardo y agave (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE). En: *Métodos para la Generación de Tecnología Agrícola de Punta*. Aragón G. A., J. F. López-Olguín y M. Tornero C. (Eds.). 2002. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. pp. 139-157.
- Núñez-Valdez, M.E. 1993. Perspectivas de la biología molecular en el control de larvas de Scarabaeidae de importancia agrícola. En: *Diversidad y Manejo de Plagas Subterráneas* (M.A.Morón comp.) Publicación Especial de la Sociedad Mexicana de Entomología. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. pp. : 217- 233.
- Núñez-Valdez, M.E., Ramírez-Gamma, R.M., Calderón, M.A., Hernández, L., Romero-López, A., Rodríguez-Segura, Z., Aranda, E., Bravo, A. y Villalobos, F.J. (2003). Bacterias Entomopatógenas para el control de larvas de Phyllophaga spp. En: *Estudios sobre coleópteros del suelo en América*. Aragón, G.A., M.A. Morón y A.

Marín-Jarillo (Eds.). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp. 347-359.

O'Callaghan, M., Johnson, V.W., Gerard, T.M., and Jackson, T.A. 2002. Formulation of biopesticides for application to soil. VIII internacional Colloquium on Invertebrate Pathology and Microbial Control. Foz de Iguazu, Brasil. P. 61.

Restrepo, I. 1988. Naturaleza Muerta. Los plaguicidas en México. Ciencia 13, 40-50.

Rodríguez-Segura Z. 2004. Aislamiento e identificación de bacterias entomopatógenas para el control de "gallina ciega" (Coleoptera: Scarabaeidae). Tesis de Licenciatura de la Facultad de Ciencias Biológicas UAEM. 75 pp.

Ryu, C.M., Farag, M.A., Hu, C.H., Reddy, M.S., Wei, H.X., Pare, P.W. and Kloepper, J.W. 2003. Bacterial volatiles promote growth in *Arabidopsis*, Proceedings of National Academy of Sciences, 100: 4927-32.

Villalobos, F.J., 1992. The potencial of entomophatogens for the control of White grubs pests in Mexico. In: Jackson, T. A. and Glare, T. R. (eds.), Use of Pathogens in Scarab Pest Management. Intercept, Andover, Hampshire, pp: 253-260.

Villalobos, F.J. 1994. The contribution of Melolonthid larvae to soil fertility. Proccedigs of the 15th World Congress of Soil Science. Vol. IVd: 129-143.

Villalobos, F.J. 1995. El manejo sostenible de plagas del suelo : el caso de las larvas de Melolonthidae. En: Control de Plagas con Métodos Alternativos al Químico. A. Aragón (comp.). Publicación Especial de la Sociedad Mexicana de Entomología. Puebla México.

Villalobos, F.J. 2003. El Manejo Sustentable: un paradigma alternativo para lograr una solución pragmática al problema causado por la gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeidae). En: Agricultura, Ambiente y Desarrollo Sustentable Tornero, C.M., López-Olguín, J. F. & Aragón, G. A. (Eds).. Publicación Especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp 183-207.

Villalobos, F.J., Vasquez-Govea, R.O., Romero López, A.A. y Nuñez-Valdez, M.E. 2003. La labranza de conservación y la agrobiotecnología como propuesta de manejo sustentable de la gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeidae) en cultivos de maíz (*Zea mays*) de Morelos. En: Estudios sobre coleópteros del suelo en América. Aragón, G.A., M.A. Morón y A. Marín-Jarillo (Eds.). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp. 313-326.

Zhang, F. and Smith, D.L. 1996. Inoculation of soybean [*Glycine max* (L) Merrill] with genistein-preincubated *Bradyrhizobium japonicum* or genistein directly applied into soil increases soybean protein and dry matter yield under short season condition. Plant and Soil, 179: 33-241.

