

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

UTILIZACIÓN DE EXTRACTOS DE PLANTAS PARA EL CONTROL DE GORGOJO PARDO *ACANTHOSCELIDES OBTECTUS* (SAY) EN FRIJOL ALMACENADO

Eusebio Nava Pérez, Patricia Gastélum Hurtado, Jesús Ricardo Camacho Báez, Benigno Valdez
Torres, Carlos Ramón Bernal Ruiz y René Herrera Flores

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 6, Número 1

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 37-43



e-revist@s

UTILIZACIÓN DE EXTRACTOS DE PLANTAS PARA EL CONTROL DE GORGOJO PARDO *ACANTHOSCELIDES OBTECTUS* (SAY) EN FRIJOL ALMACENADO

USE OF EXTRACTS OF PLANTS FOR THE CONTROL OF BROWN WEEVIL *ACANTHOSCELIDES OBTECTUS* (SAY) STORED IN BEAN

Eusebio Nava-Pérez¹; Patricia Gastélum-Hurtado²; Jesús Ricardo Camacho-Báez¹; Benigno Valdez-Torres³; Carlos Ramón Bernal-Ruiz⁴ y René Herrera-Flores¹

¹Profesor investigador del CIIDIR-Sinaloa. Km 1. Carretera a Las Glorias, Guasave, Sinaloa. Tel 01 (687) 872 96 26. Fax 01 (687) 872 2 96 25. enavap@ipn.mx. ²Alumna del Tecnológico de los Mochis. Blvd Juan de Dios Bátiz s/n. Los Mochis, Sinaloa. ³Profesor del ITESM-Campus Sinaloa. Blvd. Culiacán No. 3773 Pte. Culiacán Sinaloa. ⁴ESAVF-UAS. Av. Japaraquí y Calle 16 s/n. Juan José Riós, Sinaloa.

RESUMEN

El frijol es uno de los principales cultivos en el norte de Sinaloa. Las mayores pérdidas ocurren durante su almacenamiento y éstas son ocasionadas por enfermedades y plagas, como el gorgojo pardo del frijol (*Acanthoscelides obtectus* Say). Para controlar este tipo de plagas se aplican malatión, fosfuro de aluminio y bromuro de metilo. Debido a la alta toxicidad de estos productos, se utilizaron, extractos de *Bacharis glutinosa*, *Eucalyptus globulos* y *Melia azedarach*, para el control del gorgojo pardo del frijol como una alternativa no contaminante y no tóxica para el humano. La obtención de los extractos se realizó con agua fría y caliente. Se determinó el porcentaje de mortalidad, emergencia de adultos y % de granos dañados. Los resultados indican que los extractos utilizados fueron efectivos contra *A. obtectus*, con porcentajes de mortalidad mayores de 30 % y de emergencia corregida menores de 50 %. Los porcentajes de grano dañado fueron mayores en el control (70 %) comparado con los tratamientos aplicados (< 50 %).

Palabras clave: Extractos, batamote, eucalipto y paraíso.

SUMMARY

Beans are a major crop in northern Sinaloa. The greatest losses occur during storage and these are caused by diseases insects and pests such brown bean weevil (*Acanthoscelides obtectus*). To control of these pests are applied malathion, aluminum phosphide and methyl bromide. Due to the high toxicity of these products, in this study, extracts of *Bacharis glutinosa*, *Eucalyptus globules* and *Melia azedarach*, were evaluated for control of brown bean weevil, as an alternative non-polluting and non-toxic to humans. The extracts were obtained with cold water and hot water. The percentage of mortality, emergency and damaged grain were recorded. The results indicate that the extracts used were effective against *A. obtectus*, with mortality rates of 30 and 50 percent of emergency. The percentages of damaged grain were higher in the control (70 %) compared with treatments applied (< 50%).

Key word: Extracts, batamote, eucalyptus and paradise.

INTRODUCCIÓN

El frijol junto con el maíz, son los productos agrícolas que más se producen en el norte de

Sinaloa, así como los principales alimentos para los habitantes de esa región y de buena parte de nuestro país (SAGARPA, 2009).

Las pérdidas postcosecha en los cereales almacenados tienen una importancia económica que muchas veces no se valora en su verdadera dimensión, existiendo pérdidas en cantidad y calidad de los granos (Sandoval, 1984). Las plagas que atacan al frijol almacenado pueden provocar pérdidas de hasta un 35 % a los productores que no cuentan con recursos económicos suficientes para almacenar su producción en condiciones apropiadas, para que esta no sea atacada por los gorgojos principalmente. Entre estos, los que atacan al frijol almacenado son principalmente el gorgojo pardo (*A. obtectus*) y el gorgojo pinto *Zabrotes subfasciatus* (Boheman), siendo el primero el que mayor incidencia presentó en el anterior ciclo agrícola (Lagunes *et al.*, 1994; Cuevas *et al.*, 1990; SAGARPA, 2009). *A. obtectus* Say es importante en México, por presentar una distribución amplia, así como por su hábito y ataque al cultivo en campo y a la semilla y grano de frijol en almacén (Ibarra, 2002).

Schoonhoven *et al.*, (1988) estimó que en América Latina los daños se ubican en 15% y Leonard (1981) calcula que *A. obtectus* y *Zabrotes subfasciatus* provocan un 35% de pérdidas en México y América Central. En México los gorgojos causan de 30 a 40% de pérdidas de frijol negro almacenado (García-Oviedo 2007). Weaver *et al.*, (1992) señalan que *A. obtectus* predomina en zonas productoras de frijol de clima templado y frío, por arriba de 1,500 m (Lépiz, 1982), o cuando se alcanza el 80 % de humedad relativa (Moreno, 1992).

En relación con el control de *A. obtectus* en semilla de frijol, donde se han usado compuestos orgánicos, se sabe que *Menta piperita* lo inhibió 90 %, *Hypericum perforatum* redujo el daño en 80 % y *Achillea millefolium* lo hizo en 96 % (Ecobici *et al.*, 2004).

Actualmente, las condiciones de comercialización de las cosechas del ciclo otoño invierno no han sido favorables para los productores del estado de Sinaloa, por lo que la mayoría de ellos han tenido que almacenar sus cosechas en bodegas que no reúnen las condiciones adecuadas para su conservación. Bajo estas condiciones el productor corre el riesgo de infestación de sus cosechas por algunas plagas como el gorgojo pardo del frijol (Armenta, 1983).

Los ciudadanos, están cada vez más preocupados por aspectos relacionados con la seguridad alimentaria y los consumidores quieren conocer los procesos productivos y su repercusión en la calidad de los alimentos, exigiendo garantías de que los sistemas de producción no son factores que puedan afectar a su salud (Bello *et al.*, 2002).

Tradicionalmente los métodos de control de *A. obtectus* están basados en la aplicación de productos químicos con poder desinfectante, en la mayoría de los casos altamente tóxicos para los aplicadores y con efectos nocivos para el medioambiente (De Liñan, 2004).

La mayoría de estos productos son productos muy tóxicos y en todos los casos los tratamientos deben realizarse en locales adecuados y por empresas autorizadas. En otros casos como el bromuro de metilo (BM) son productos que a partir del año 2005 no se pueden utilizar, salvo para usos críticos, por lo que los investigadores y técnicos en agricultura se están enfrentado a uno de los mayores retos de los últimos años, el de encontrar alternativas al bromuro de metilo para controlar plagas y enfermedades de las plantas. Sin embargo, el BM no se retiene en su totalidad en el suelo, sino que del 50 al 95 % pasa en forma de emisiones gaseosas a la estratosfera, donde se liberan átomos de bromo que reaccionan con el ozono y otras moléculas

estables que contienen cloro, dando lugar a una reacción en cadena que contribuye a la disminución de la capa de ozono, incrementando la emisión de rayos ultravioletas con los consecuentes riesgos para la salud y el medio ambiente. La 10ª Reunión del Protocolo de Montreal estableció, para los países desarrollados, un programa en el que se acordó la reducción, de forma gradual, de los usos agrícolas del BM, hasta llegar a su eliminación total para el año 2005 y para países del Artículo 5º su eliminación en el año 2015, con una posible revisión para la modificación de la fecha en el 2003 (Bello *et al.*, 2001).

El uso de insecticidas vegetales puede ser una opción viable para controlar el gorgojo pardo del frijol (Golob *et al.*, 1999).

A partir de 1981, distintos investigadores e instituciones del país se han dedicado a buscar plantas que contengan compuestos con propiedades insecticidas o repelentes, para el control de plagas. México tiene una gran diversidad biológica y muchos microclimas, lo que lo hacen un país rico en especies vegetales, sin embargo solo un pequeño grupo de estas han sido evaluadas como posibles insecticidas (López y Aragón, 1990; Martínez *et al.*, 1989; Lagunes y González, 1986; Rodríguez, 1990; Ahmed *et al.*, 1984; Pereira da Silva, 1993). Sin embargo, muchas veces estos compuestos de origen vegetal son erróneamente denominados como insecticidas, ya que la mayoría de ellos no eliminan al insecto sino que actúan como repelentes, inhibidores de la oviposición y la alimentación o simplemente como confusores (Silva, 2004).

El interés por la producción y empleo de medios biológicos obtenidos a partir de extractos de plantas, se debe a que éstas sintetizan compuestos secundarios los cuales pueden ser utilizados como medio de defensa contra plagas y enfermedades (Abou-Fakhr *et al.*, 2001). Usualmente las máximas concentraciones de estos compuestos se encuentran en tejidos epidérmicos, las cuales pueden ser alteradas por clima, factores edáficos, exposición de microorganismos y pastoreo entre otros, situación que se debe considerar al momento de

utilizar una estructura vegetal como método alternativo en el control de plagas (Swain, 1977).

El Estado de Sinaloa, cuenta con un gran número de especies que pueden considerarse como fuente potencial de insecticidas biológicos tales como toloache, batamote, mostaza, epazote, albahaca, eucalipto, higuerilla, paraíso, venadillo, etc.

Con el presente trabajo se pretende encontrar plantas con propiedades tóxicas y repelentes al gorgojo pardo (*A. obtectus*), y que estén disponibles en los municipios de Guasave y Sinaloa, Sinaloa, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó frijol mayocoba cosechado en el Valle de Guasave, Sinaloa. El experimento se adaptó a un diseño estadístico unifactorial completamente al azar con 18 niveles y tres repeticiones. El factor a analizar fue: tipos de extracto. La unidad experimental fue el gorgojo pardo (*A. obtectus*) y se utilizaron cinco parejas (macho y hembra) por tratamiento.

Las plantas que se utilizaron fueron recolectadas en las riveras y áreas cercanas del Río Sinaloa, siendo el batamote (*B. glutinosa*), eucalipto (*E. globulos*) y paraíso (*M. azedarach*) las plantas que se seleccionaron para realizar este estudio, debido a que se encuentran abundantemente en la región y son ampliamente conocidas por los productores de frijol de la región.

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

EXTRACTOS FRIOS	EXTRACTOS CALIENTES
CBH= Extracto caliente de hoja de batamote	FBH= Extracto frío de hoja de batamote
CBR= Extracto caliente de raíz de batamote	FBR= Extracto frío de raíz de batamote
CBT= Extracto caliente de tallo de batamote	FBT= Extracto frío de tallo de batamote
CEH= Extracto caliente de hoja de eucalipto	FEH= Extracto frío de hoja de eucalipto
CER= Extracto caliente de raíz de eucalipto	FER= Extracto frío de raíz de eucalipto
CET= Extracto caliente de tallo de eucalipto	FET= Extracto frío de tallo de eucalipto
CPF= Extracto caliente de fruto de paraíso	FPF= Extracto frío de fruto de paraíso
CPH= Extracto caliente de hoja de paraíso	FPH= Extracto frío de hoja de paraíso
CPT= Extracto caliente de tallo de paraíso	FPT= Extracto frío de tallo de paraíso
TI= Testigo (Agua caliente)	TE= Testigo (Agua fría)

Los gorgojos pardos se recolectaron en almacenes locales de Guasave, Sin. Con el fin de reproducir un pie de cría del gorgojo, estos se colocaron en frascos con frijol mayocoba, los cuales se colocaron en una incubadora a 30 ± 2 °C y una humedad relativa entre 70 y 75 % (Jamieson y Jobber, 1975; Urquidi, 1992). Los gorgojos utilizados fueron de 2 a 6 días de edad.

Los extractos fríos se obtuvieron mezclando 100 mL de agua destilada con un g de muestra vegetativa molida y se dejó reposar durante 24 h. Posteriormente la mezcla se filtro al vacío con un embudo Buchner acoplado a un matraz Kitazato. Los extractos calientes se obtuvieron colocando en 100 mL de agua a punto de ebullición, un g de muestra vegetal molida, retirándola después de 10 segundos. Finalmente se dejó reposar 24 h para filtrar al igual que el extracto frío. La aplicación de los extractos se realizó de la siguiente manera.

Para aplicar los tratamientos, se colocaron 100 g de frijol mayocoba en platos de unicel para cada tratamiento y se impregnaron con los extractos utilizando un atomizador manual. Se secó al sol y se colocó el frijol en frascos de plástico, para posteriormente ser infestado con 5 parejas de gorgojo pardo (*A. obtectus*). Finalmente se colocaron los frascos en una incubadora a temperatura de 30 ± 2 °C, durante nueve días.

Porcentaje de Mortalidad

Las evaluaciones del porcentaje de mortalidad se realizaron al día 3, día 6 y día 9. Con el propósito de eliminar la mortalidad de los insectos, por causas ajenas al tratamiento; se determinó la mortalidad corregida utilizando la formula de Abbott (Ecuación 1) (Abbott, 1925). Se consideraron prometedores, aquellos tratamientos que tuvieron un porcentaje mayor del 30 % con respecto al testigo.

$$MC = \frac{X - Y}{100 - Y} \quad (\text{Ec } 1)$$

Donde:**MC** = Mortalidad Corregida**X** = Porcentaje de mortalidad en el tratamiento**Y** = Porcentaje de mortalidad en el Testigo**Porcentaje de Emergencia**

Después del noveno día los frascos sin los gorgojos adultos se colocaron nuevamente en la incubadora, para posteriormente determinar el porcentaje de emergencia corregido de la primera generación filial (F1) a los 40 días de infestación. Considerando como buenos, los tratamientos cuyo porcentaje de emergencia fuera $\leq$ al 50 % con respecto al testigo. La ecuación de Abbott que se utilizó fue la siguiente:

$$EC = (X/Y)(100) \quad (Ec\ 2)$$

Donde:**EC** = Emergencia Corregida**X** = Número de insectos emergidos en el tratamiento**Y** = Número de insectos emergidos en el control**Porcentaje de grano dañado**

Este parámetro se midió al noveno día de que se aplicaron los tratamientos.

$$\% \text{ G D} = \frac{n}{N} \times 100 \quad (Ec. 3)$$

Donde:**% G D** = Porcentaje de Grano Dañado**n** = Número de granos dañados**N** = Número de granos utilizados en por tratamiento

El diseño experimental fue completamente al azar y los datos de porcentaje de grano dañado, fueron sometidos a un análisis de varianza y a una prueba de comparación de medias con la prueba de Tukey, a un nivel de confianza del 95%, mediante el programa estadístico MINITAB (Making Data Analisis Easter) versión 12.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN**Porcentaje de mortalidad**

Aun cuando todos los tratamientos presentaron una mayor mortalidad que el control (% Mortalidad > 30 %), en el cuadro 1 se pueden observar los resultados obtenidos con todos los extractos con respecto al porcentaje de mortalidad. Los mejores tratamientos se muestran en el cuadro 2.

Porcentaje de emergencia

En cuanto al % de emergencia solo tres tratamientos resultaron prometedores, siendo estos, el extracto caliente de hoja de batamote (CBH), el extracto caliente de raíz de eucalipto (CER) y el extracto frío de raíz de batamote (FBR) con 49.92, 49.97 y 49.30 % de emergencia respectivamente (Cuadro 1).

Porcentaje de grano dañado

Todos los tratamientos fueron efectivos, ya que presentaron un porcentaje de granos dañados significativamente diferentes a los del control ($p = 0.95$) (Figura 1).

Cuadro 1. Porcentajes de mortalidad y emergencia en la F1 obtenidos en tratamientos evaluados contra *Acanthoscelides obtectus* bajo condiciones de laboratorio.

Trata- miento	% de mortalidad corregida			% de emergencia
	Día 3	Día 6	Día 9	
CBH	63.89	82.22	93.33	49.92
CBR	62.96	70.00	86.67	90.48
CBT	71.29	87.78	100.0	74.08
CEH	61.57	74.44	100.0	89.02
CER	73.22	87.78	100.0	49.97
CET	61.57	87.78	100.0	97.38
CPF	68.05	62.22	100.0	102.92
CPH	68.98	81.11	100.0	61.85
CPT	79.17	87.78	91.67	93.14
FBH	41.67	75.55	85.00	95.59
FBR	70.83	83.33	86.67	49.30
FBT	83.79	75.55	93.33	97.34
FEH	56.02	68.89	91.67	100.08
FER	35.65	80.00	100.0	78.22
FET	59.72	68.89	100.0	99.05
FPF	51.00	54.44	70.00	85.08
FPH	51.39	57.78	91.67	71.02
FPT	63.89	63.33	91.67	73.97

Estos resultados coinciden con lo reportado por Cazares (1990), el cual reporta que algunos extractos actúan como fungicidas, bactericidas, insecticidas o como repelentes de algunos insectos plaga. Por ejemplo, los extractos de las hojas del paraíso (*M. azedarach*), son efectivos contra el *Phytium debangemun*, las hojas de eucalipto (*E. globulos*) actúan como repelente contra el gorgojo de maíz y de algunas plagas de papa almacenada y el extracto tanto de tallo como de hojas de batamote (*B. glutinosa*) tienen efecto insecticida y de repelencia contra el gorgojo pinto del frijol. Fernández *et al.*, (2009) mencionan que la Oleorresina de jícama (*Pachyrhizus erosus*) es efectiva para controlar el gorgojo del frijol (*A. obtectus* Say)

Cuadro 2. Tratamientos que resultaron prometedores a los 3, 6 y 9 días después de aplicar los extractos vegetales contra *A. obtectus* bajo condiciones de laboratorio.

TRATAMIENTO	% DE MORTALIDAD CORREGIDA Día 3	Día 6	Día 9
CBH	-	82.22	-
CBT	71.29	87.78	100.0
CER	72.22	87.78	100.0
CET	-	87.78	100.0
CEH	-	-	100.0
CPT	79.17	87.78	-
CPF	-	-	100.0
CPH	-	-	100.0
FBR	70.83	83.33	-
FBT	83.79	-	-
FET	-	-	100.0
FER	-	80.00	100.0

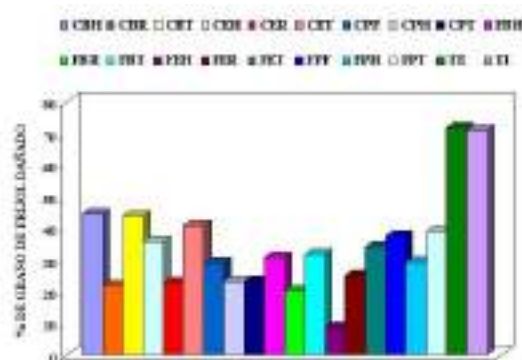


Figura 1. Efecto de extractos vegetales sobre el % de grano de frijol dañado después de 40 días de la aplicación.

Espinoza, (2006) reporta resultados similares para el control del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos y extractos de *M. azedarach*. El paraíso (*M. azedarach*) y el eucalipto (*E. globulus*) también tienen un efecto sobre el pulgón *Myzus persicae* (Carrizo *et al.* 2004). Cuevas *et al.*, (2006) encontraron que algunos extractos vegetales son efectivos para controlar el gorgojo pinto del frijol (*Z. subfasciatus*).

CONCLUSIONES

Los extractos acuosos de batamote, eucalipto y paraíso, son una alternativa amigable con el medio ambiente, viable para ser usados para controlar el gorgojo del frijol *Acanthoscelides obtectus*. Siendo el extracto caliente de hoja de batamote, el extracto caliente de raíz de eucalipto y el extracto frío de raíz de batamote los más prometedores

LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S. S. 1925. **A method of computing the effectiveness of an insecticide.** J. Econ. Entomol. Cap. 18. 265-267 pp.
- Abou-Fakhr, H., H. Zournajian., and S. Talhouk. 2001. **Efficacy of extracts of *Melia azedarach* L. callus, leaves and fruits against adults of the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Hom., Aleyrodidae).** J. Appl. Entomol. (125): 483-488.
- Armenta-Cardenas, 1983. **Plagas del frijol y su control.** Cap 5: Plagas y enfermedades. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Centro de investigaciones Agrícolas del Pacífico Norte. Culiacán, Sinaloa. 83 p.
- Bello, A., Tello, J., López-Pérez, J.A., García-Álvarez, A. 2002. **Los sistemas agrarios mediterráneos como modelo agroecológico.** En: Labrador, J., Porcuna, J. L., y Bello, A. (Eds). Agricultura y Ganadería Ecológica. SEAE, Mundi-Prensa. Madrid, España. 35-52 pp.
- Carrizo, P., Pelicano, A., y Caffarini, P. 2004. **Evaluación de extractos cetónicos de paraíso, eucalipto y ricino sobre *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae).** Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cuyo. Tomo XXXVI. N° 1. Año 2004. 47-52 pp.

- Cuevas, S. M. I., Romero, N. C. A. y García, M. J. C. 1990. **Utilización del Chicalote (*Argemona mexicana*) (Papaveraceas) como una alternativa para el control del gorgojo pinto del frijol (*Zabrotes subfasciatus* (Bohn) (Coleoptera: Bruchidae).** Memorias del XXV Congreso Nacional de Entomología.
- Cuevas S.M.I., Romero N.C.A y García, M. J. C. 2006. **Productos naturales para el control de la principal plaga de maíz, frijol y garbanzo almacenados.** Boln. Asoc. esp. Ent. 30 (1-2): 83-92.
- De Liñan, C. 2004. **Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales.** Ediciones Agrotécnicas. <http://www.fauna-iberica.mncn.csic.es/index.php>.
- Ecobici, M. M., Ion, O., A. Popa. 2004. **The effect active principles from medicinal and flavor plants in non chemical control against bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* Say.** Journal European Agriculture 5: 127-136.
- Espinoza, P. M. E. 2006. **Evaluación de polvos y extractos de (Coleoptera:Curculionidae) en laboratorio.** Tesis de licenciatura. Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- Fernández, A., Rangel, L. M. D., Juárez, G. J. A., Bujanos, M. J. M., Montes, H. R., Mendoza, E. S. 2009. **Oleorresina de jicama para controlar *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleóptera: Bruchidae) en semilla de frijol.** Agronomía Mesoamericana. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. 20 (1): 59-69.
- García-Oviedo, J. A. 2007. **Elabora IPN frijol instantáneo altamente nutritivo.** (Nota periodística.) El Universal. Edición: 03/Abril/2007. Disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/39081.html>
- Ibarra, R. J. E. 2002. **Las bacterias entomopatógenas y el control biológico de insectos.** In: Loaiza V, J. M., Baez, S. R. (eds.). Bacterias Entomopatógenas. Sociedad Mexicana de Control Biológico. Hermosillo, Sonora, México. 81 p.
- Jamieson, M., and Jobber, P. 1975. **Manejo de los alimentos.** Vol. 1. Ecología del almacenamiento. Cap 1. Entomología de las plagas de productos almacenados. Ed. Pax México. México, D. F.
- Lagunes, T.A., Arenas, L.C. y Rodríguez, H.C. 1994. **Extractos, polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia.** Colegio de posgraduados en ciencias agrícolas. Montecillos, México.
- Lagunes, T. A. y González, G. O. J. 1986. **Evaluación de métodos tecnificados para el combate de *Spodoptera frugiperda* y *Sithophilus zeamais* en la chontalpa.** Folia entomológica mexicana. 70: 65-70.
- Leonard, D. 1981. **Cultivos tradicionales.** (Traducción al Español). Disponible en: http://www.fastonline.org/CD3WD_40/HLTHES/PC/M0035S/ES/M0035S00.HTM.
- Lépiz, R. 1982. **Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo de frijol.** Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Publicación Especial No. 83. México. 68 p.
- López, O. J. F y Aragón, H. C. 1990. **Pruebas de campo con polvos vegetales para el combate de “gallina ciega” (*Phyllophaga spp.*) y “gusano cogollero” (*Spodoptera frugiperda* smith) en la Sierra Norte de Puebla.** Memorias del XXV Congreso Nacional de entomología. II simposium Nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas. Oaxaca, Oax. México.
- Martínez, M. 1989. **Las plantas medicinales de México.** Cap. 2: Descripción de plantas con nombres comunes. Sexta Edición. Ed. Botas. México, D.F.
- Moreno, M. E. 1992. **La humedad, su medición e importancia en la conservación de los granos y semillas.** In: Memorias del Curso Almacenamiento y Conservación de Granos y Semillas. Programa Universitario de Alimentos. Del 23 al 27 de noviembre de 1992. Instituto de Biología. Ciudad Universitaria. UNAM. México. 1-34 pp.
- Pereira da Silva, F.A. 1993. **Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural.** Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. Capítulo V. Conservación y Protección de los Granos Almacenados.
- Rodríguez, N. H. 1990. **Plantas Insecticidas.** Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. Memorias del XXV Congreso Nacional de entomología. II Simposium Nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas. Oaxaca, Oax. México.
- Sandoval, M. 1984. **Evite pérdidas en sus granos almacenados.** Chile Agrícola. (90): 103-104.
- Silva, G. 2004. **Oportunidad de los plaguicidas de origen vegetal en la agricultura chilena.** In: Gonzalo Silva y Ruperto Hepp (Eds). Memoria Seminario Internacional: Alternativas ecológicas para el control de

- plagas y enfermedades agrícolas. Noviembre 5, 2004, Universidad de Concepción, Chillán. Chile.
- Schoonhoven, A., Cardona, C., y García, J. E. 1988. **Principales insectos que atacan el grano de frijol almacenado y su control.** Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 46 p.
- Swain, T. 1977. **Secondary compounds as protective agents.** Ann. Rev. Plant. Physiol. 28:479-501.
- Urquidí, O. G. 1992. **Efecto tóxico de polvos vegetales y minerales sobre la mortalidad en adultos y la descendencia en la F1 de *Prostephanus truncatus* (Horn) Coleoptera: Brostrichiade bajo condiciones de laboratorio.** Tesis de Licenciatura en biología. Tecnológico de los Mochis.
- Weaver, D.K., Dunkel, F.U., Cusker, S.L., and Puyelde, LV. 1992. **Oviposition patterns in two species of bruchids (Coleopteran: Bruchidae) as influenced by the dried leaves of *Tetradenia riparia* a perennial mint (Lamiales: Lamiaceae) that suppresses population size.** Environmental Entomology. 21: 1121-1129.

Eusebio Nava Pérez

Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Ingeniero Bioquímico en el Instituto Tecnológico de los Mochis. Profesor Investigador del departamento Agropecuario CIIDIR (COFAA) IPN Unidad Sinaloa. Correo electrónico: enavap@ipn.mx

Patricia Gastelum Hurtado

Alumna de Ingeniería Bioquímica del Tecnológico de los Mochis.

Jesús Ricardo Camacho Báez

Maestría en Ciencias por el CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, especialidad en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología en la Escuela Superior de Agricultura (UAS) Culiacán, Sin. Profesor Investigador del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional CIIDIR (COFAA)-IPN Unidad Sinaloa.

José Benigno Valdez Torres

Doctorado en Matemáticas Aplicadas, por la Universidad de Arizona, 1985. Maestría en Matemáticas, por la Universidad de Arizona, 1983. Ingeniería Química, por la Universidad Autónoma de Sinaloa, 1977. Asesor y consultor en estadística aplicada a problemas de Calidad y Biotecnología, y la Ciencia y Tecnología de Hortalizas y Frutas. Profesor de planta del Tecnológico de Monterrey Campus Sinaloa. Director del Centro de Agronegocios del Tecnológico de Monterrey Campus Sinaloa.

Carlos Ramón Bernal Ruiz

Maestría en Entomología. Colegio de Posgraduados. Campus Montecillo, Edo. de México. Ingeniero Agrónomo. Escuela Superior de Agricultura, Culiacán, Sinaloa Universidad Autónoma de Sinaloa. Profesor del Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte. Universidad Autónoma de Sinaloa, Juan José Ríos, Sinaloa.

Rene Herrera Flores

Medico General. Facultad de medicina, UNAM. Especialidad en Pedagogía. IPN Profesor del Departamento de Educación Continua del CIIDIR Sinaloa IPN.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EXTENSIVA EN SINALOA: ALTERNATIVAS PARA EL USO SOSTENIBLE DEL AGUA

M. Norzagaray Campos, C. García Gutiérrez, O. Llanes Cárdenas, E. Troyo Diéguez y P.
Muñoz Sevilla

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 6, Número 1
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 45-50



e-revist@s

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EXTENSIVA EN SINALOA: ALTERNATIVAS PARA EL USO SOSTENIBLE DEL AGUA

ANALYSIS OF THE EXTENSIVE AGRICULTURE IN SINALOA: ATENATIVE FOR THE SUSTAINABLE USE OF THE RESOURCE WATER

M. Norzagaray-Campos¹, C. García-Gutiérrez¹, O. Llanes-Cárdenas², E. Troyo-Diéguez², y P. Muñoz-Sevilla³.

¹Profr. Investigador. CIIDIR-IPN COFAA. Unidad Sinaloa. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250. Guasave, Sinaloa. C.p.81101.

²CIBNOR. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita. Apdo. Postal 128. La Paz, BCS. C.P. 23090. México. Tel:+(612) 123-8484 Fax:+ (612) 125-3625. ³Director del CIEMAD-IPN COFAA. Calle 30 de Junio de 1520 S/N, Barrio la Laguna Ticomán C.P. 07340 Del. Gustavo A. Madero México, D.F. Tel. 57296000 ext. 52711.

RESUMEN

Sinaloa tiene la mayor superficie agrícola de riego en el país, por lo que las actividades agropecuarias son importantes, no sólo por su aportación económica, sino también por el deterioro ambiental que presentan. El efecto principal es sobre el uso del agua, donde se estima sobreexplotación de los acuíferos por percolación de plaguicidas y otros desechos, lo que ocasiona daños en los ecosistemas y a la salud. Por otro lado, la agricultura consume 80% del agua dulce disponible en la región, razón por la cual la región del Golfo de California se encuentra sobreexplotada. Se destaca la importancia de implementar estrategias de conservación para revertir y remediar repercusiones futuras sobre los mantos freáticos y evitar escenarios de contaminación por intrusión salina.

Palabras clave: *Acuífero, impacto agrícola, uso sostenible.*

SUMMARY

Sinaloa has the highest percentage of agricultural land with irrigation systems in México, this activity is important by the economic contribution, but also there is environmental negative impact. Today the over-exploitation in the aquifers by percolation of pesticides and other remainders causes damages in the ecosystems, and to the human health. On the other hand, agriculture consumes 80% of the fresh water available in the region, by this reason Gulf of California land is consider as over exploited region. Due to, is important provide conservation strategies to remedy future repercussions on the aquifers and to avoid contamination of fresh water by saline intrusion.

Key words: *green revolution, aquifer, impact, agriculture.*

INTRODUCCIÓN

El aumento poblacional a partir de la década de los 40, provocó el aumento en la utilización de fertilizantes, pesticidas y herbicidas en la llamada "Revolución Verde" (Brown, 1999; Dyson, 1996; Goldman, 1995; McCalla, 1994; Swaminathan, 1994).

Desde 1950, la producción agrícola aumentó a un ritmo superior al aumento de la población mundial, lo que requirió mayor producción

agrícola por hectárea cultivada (Gutiérrez, 1996; Shiva, 1991; Bie, 1994). Aunado a lo anterior, el uso de nuevas variedades de semillas contribuyó a este aumento. Sin embargo, este hecho contaminó el entorno con una gran cantidad de insumos usados en la agricultura (Hamblin, 1995; Mann, 1997; Mann, 1999; Matson, *et al.*, 1997). Además del abatimiento de los niveles freáticos y la contaminación del agua por el uso de abonos nitrogenados y plaguicidas depositados en el subsuelo (Brown, 1996; Brown, 1999; Crosson, 1995; Eicher, 1995; FAO, 1995; Pimentel, 1994). En el futuro la soberanía alimentaria sólo se puede garantizar si se implementan estrategias de uso racional del recurso agua, tales como el riego por goteo y nuevos dispositivos de liberación controlada del agua. Sin embargo, se estima que para el año 2025 se necesitará el doble de agua por el aumento considerable de la población mundial (Mann, 1997; Mann, 1999; Brown, 1996; Brown, 1999).

Debido a que no es conveniente ampliar la superficie cultivada, dado el problema de la escasez de agua, se tendrá que realizar esfuerzos significativos para fomentar la productividad de estos cultivos con medios compatibles con el ambiente y fundamentalmente con el manejo eficiente del recurso. Por lo anterior, el presente estudio propone:

- a).- Desarrollar nuevas técnicas de cultivo y uso eficiente del agua.
- b).- Desarrollo de plantas capaces de crecer en suelos ácidos y con metales pesados (por ejemplo, recientemente se están desarrollando plantas resistentes a aluminio, metal abundante en suelos tropicales).

- c).- Cultivos resistentes a plagas, enfermedades, a la sequía y salinidad y a la competencia desarrollada por malezas.
- d).- Plantas menos dependientes de la aplicación de productos agroquímicos.
- e).- Cultivares con cualidades nutrimentales mejoradas.

Desarrollo agrícola nacional con base en la infraestructura hidráulica y la tenencia de la tierra en Sinaloa

Los eventos significativos en el desarrollo de la infraestructura hidráulica en Sinaloa, se muestran en la Cuadro 1.

En Sinaloa, el desarrollo agrícola tuvo auge entre 1970 y 1990 cuando se duplicó la superficie irrigada y se distribuyó ésta entre los ejidatarios. La propiedad de la Tierra en Sonora y Sinaloa se muestra en la Cuadro 2, y en ésta se denota los eventos sociales entre 1958 y 1992 dentro del sector ejidal y

agricultores privados que tuvieron impacto en la tenencia del recurso agua.

En 1975 la distribución promedio por 37, 284 ejidatarios de los distritos de riego era de 8.56 hectáreas de tierra de riego (316 914 Has), las cuales superaban a las 24.4 ha por persona que ocupaban los 9,621 pequeños propietarios (234 ,752 ha).

En las tierras de temporal, de la planicie y la sierra, había 73, 015 ejidatarios que disponían de 7.35 ha, en promedio cada uno y también había 15, 379 pequeños propietarios con 23.9 ha por persona (Grammont, 1987). Otro cambio importante en el sector agrícola después de 1940, fue la aparición de la empresa agrícola, una organización muy tecnificada, con fuertes requerimientos de inversión de capital para impulsar la producción agrícola (Langue, 1986).

Cuadro 1. Desarrollo de la infraestructura hidráulica de 1934 a 1992 de la agricultura en Sinaloa.

Gobierno	Plan de trabajo	Obras construidas	Contribución
Gobierno de Cárdenas (1934-1940)	Infraestructura hidráulica	Construcción de la presa Sanalona sobre el río Tamazula	Aumentó la superficie irrigada de 31, 000 a 94, 000 hectáreas en el valle de Culiacán.
Manuel Ávila Camacho (1940-1946)	Infraestructura hidráulica	Se excavaron tres grandes canales: el de Bamoa (Guasave), el Antonio Rosales (Culiacán), y el SICAE (río Fuerte) (Grammont, 1987). Se termina la presa Sanalona.	Se aumenta la superficie irrigada
Miguel Alemán (1946-1952)	Gestiones políticas y cambios a las dependencias gubernamentales	Se dan reformas a la Secretaría de recursos Hidráulicas. Se Inauguro la presa Sanalona sobre el río Culiacán, y se crió la comisión del Río Fuerte par la Construcción de la Presa Miguel Hidalgo.	Mayor coherencia a la política de irrigación a nivel nacional.
Adolfo Ruiz Cortines (1952-1958)	Ampliación en la capacidad de las presas e incrementó en la infraestructura hidráulica	Más capacidad a la presa Sanalona, se inició a la construcción de la presa sobre el Río Humaya y una presa derivadora en el Río San Lorenzo. En 1956 se inauguró la presa Miguel Hidalgo, la de mayor capacidad en Sinaloa (ISS, 1990).	Aumentó la superficie irrigada en distintos valles del Estado
Adolfo López Mateos (1958-1964) y Gustavo Díaz Ordaz (1964-1970),	Ampliación en la capacidad de las presas e incrementó en la infraestructura hidráulica	Se puso en marcha la presa del río Humaya y se elevó la cortina de la presa Miguel Hidalgo, se construyó la presa Josefa Ortiz de Domínguez sobre el arroyo de Álamos,	La superficie irrigada alcanzó la cifra de 413 944 hectáreas.
Luis Echeverría (1970-1976) y José López Portillo (1976-1982).	Se redujo notablemente la inversión federal	No se construyeron canales ni presas.	La inversión federal no se suspendió completamente .
Miguel de la Madrid (1982-1988) y Carlos Salinas de Gortari (1988-1992).	Se intensifican las obras de riego.	Construcción de las presas: Bacurato (Gustavo Díaz Ordaz) sobre el río Sabinal, (Ingeniero Guillermo Blake Aguilar) en el río Ocoroní y el comedero (José López Portillo) en el río San Lorenzo. Se inicia la construcción de otras presas: Huítes, Eustaquio Buelna, Vinorama, El salto, Santa María y El tamarindo (ISS, 1996).	Entre 1970 y 1990 se duplicó la superficie irrigada y las tierras se distribuyeron entre los ejidatarios y los agricultores privados en proporción aproximada de 40 % para el sector privado y 60 % para el sector ejidal.

La agricultura se transformó en un negocio cuyo objetivo principal fue la generación de utilidades, más que la producción de alimentos. Este cambio ocurrió principalmente entre los productores de hortalizas para exportación, todos ellos del sector privado (Meyer, 1984).

El censo de 1970 indica que había 100 empresas exportadoras de hortalizas, de las cuales ocho podían ser consideradas grandes

empresas capitalistas. Sin embargo, no todos los productores privados se convirtieron en empresarios y muchos de ellos continuaron como productores en pequeña escala y en forma tradicional, sin inversiones de consideración. En el sector ejidal también hubo empresarios agrícolas, aunque en su mayor parte fueron pequeños productores.

Cuadro 2. Tenencia de la tierra en el período de 1958 a 1992 en Sinaloa y Sonora y sus efectos en el recurso agua.

Año	Objeto	Causas	Apoyo	líderes	Efectos	Estados
1958	Presa El Varejonal	Se invaden las tierras que serían abiertas al cultivo	Organización campesina no gubernamental, la Unión General de Obreros y Campesinos de México (UGOCM).	Jacinto López,	prefería impulsar la agricultura privada, se vio obligado a favorecer a los agraristas, pero no a los de la UGOCM, sino que trasladó campesinos michoacanos, afiliados a la CNC, para dotarlos de tierras ejidales en Sinaloa	Sinaloa
1967-1969	El predio El Alhuate de la Familia Redo	Aunque los 81 lotes de la familia Redo estaban certificados durante el gobierno de Miguel Alemán a favor de los campesinos, la Suprema Corte de Justicia de la Nación falló a favor de los 81 pequeños propietarios,	Los campesinos fueron apoyados por el Gobierno del Estado	Leopoldo Sánchez Celis	La familia Redo entregó el predio al presidente Gustavo Díaz Ordaz para que se repartiera (Burgos, 1985).	Sinaloa
1970		<i>Se agudizaron las tensiones entre los sectores campesino y privado</i>			Los propietarios particulares subdividieron legalmente sus tierras para prevenir cualquier	Sinaloa y Sonora
1970-1976	Invasión de 50 000 hectáreas de riego en el valle del Río Culiacán.	El Gobierno Federal afectó tierras de agricultores de ambos estados, lo que provocó fuertes reacciones del sector particular (Ibarra, 1993).	Apoyo de la burguesía de todo el país.	Sector Privado	El Gobierno federal expropió 37 131 hectáreas de riego y 65 655 hectáreas de agostadero en el valle del Yaqui; los agricultores de Culiacán ofrecieron 13 500 hectáreas para su distribución entre los campesinos, el gobierno aceptó.	Sinaloa y Sonora
1970-1992	Agricultores negocian mediante la renta o contrato de asociación privados a las tierras en participación ejidales.	se generalizó el acceso a las tierras	Fomento Agropecuario	Manuel de Jesús Clouthier (Retamoza, 1994).	En ambos estados los agricultores adquirían fuerza política y se ligaban a las organizaciones cupulares de la burguesía nacional (Jerónimo, 1995).	Sinaloa y Sonora

El mismo censo de 1970 indica que el sector privado absorbió 79% del total de las inversiones agrícolas y que la mayor parte de éstas se dedicaron a la producción de hortalizas para la exportación en *Sinaloa: el drama y sus actores*, México (INAH, 1975). Con respecto a la banca en Sinaloa, esta se desarrolló ligada al crecimiento de la agricultura usando créditos para impulsar sus empresas (Pérez, 1944).

Causas y efectos de la agricultura tecnificada

Las actividades agropecuarias son importantes en la región del Golfo de California, no sólo por su aportación económica, sino también por su impacto ambiental. El efecto principal es sobre el uso desmedido del recurso agua, y los daños en la salud. Las grandes cosechas generan ingresos, pero también costos por la contaminación de la superficie por el uso de fertilizantes, plaguicidas y otros desechos que percolan hacia el acuífero (Neuman, 2006).

En la región del Golfo de California, los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit sobresalen en las actividades agropecuarias y de la agroindustria de alimentos. La contribución de estas actividades al producto interno bruto (PIB) de la región es de entre 8 a 9%. Su aportación al empleo representa más del 17% en el caso del sector agropecuario y más del 5% en las actividades agroindustriales.

Por otro lado, la agricultura consume 80% del agua dulce disponible en la región, con una eficiencia del 40%. La Comisión Nacional de Agua identifica al 41% de los acuíferos de la región del Golfo como en estado de sobreexplotación. Esta situación ha empobrecido los recursos que sustentan a las actividades agropecuarias. Con respecto a la contaminación que se genera por la agricultura extensiva, existen tres principales fuentes contaminantes del agua dulce, tanto subterránea como superficial: la intrusión salina, por extracción de agua para uso agrícola, las descargas de residuos de la agricultura y los municipios, y los desechos sólidos que van desde botes de agroquímicos hasta desechos de la vitivinicultura, la porcicultura, las fábricas y la navegación (Neuman, 2006).

Es importante señalar que el sector agrícola genera más del 60% de las aguas residuales,

que además de cargas orgánicas llevan restos de fertilizantes y plaguicidas. Muchos no se degradan, sino llegan al mar en concentraciones muy altas y ocasionan procesos de eutrofización, afectando a la flora y fauna.

CONCLUSIONES

Es importante informar a los agricultores y principalmente a los propietarios y usuarios de las tierras con producción extensiva sobre la situación en la cual se encuentran el recurso agua y suelo, lo que pone en riesgo la agricultura estatal y regional a corto y mediano plazo. Asimismo, resulta relevante aumentar las inversiones en investigación agrícola, sobre todo para la conservación y uso sustentable del agua y suelo, con fondos tanto nacionales como estatales y municipales.

Se requiere innovación tecnológica en agricultura para aumentar los rendimientos de algunos cultivos con menor cantidad de agua.

La conservación y el manejo eficiente de los mantos acuíferos, marcaran la pauta para mantener el liderazgo actual en Sinaloa en producción agrícola Nacional.

LITERATURA CITADA

- Bie, S.W. 1994. **Global food: agricultural research paradigms revisited.** *Forum Dev. Stud.*, 1-2: 221-227pp.
- Brown, L.R. 1996. **Tough Choices, Facing the Challenge of Food Scarcity,** Norton and Company. Nueva York-Londres, 115-136pp.
- Brown, L.R. 1999. **Alimentar a 9.000 millones de personas.** In: *La situación del mundo. Informe anual del Worldwatch Institute sobre Medio Ambiente y Desarrollo.* Barcelona: Icaria Editorial, 221-251 pp.
- Grammont, H. 1987. **La presencia norteamericana en el agro sinaloense en la primera mitad del siglo XX.** In: *Secuencia* núm. 7, Revista Americana de Ciencias Sociales, México, Instituto de investigaciones Doctor José María Luis Mora, 5-23 pp.
- Crosson, P., and J.R. Anderson. 1995. **Achieving a Sustainable Agricultural System in Sub-Saharan Africa.** In: *Building Blocks for Africa 2025.* World Bank, Africa Region Technical Department and Environmentally

Sustainable Development Division, Washington, D.C. 2(1): 195-210.

Crump, A. 1998. **The A to Z of World Development.** New Internationalist Publications Ltd., Oxford. 293 p.

Dyson, T. 1996. **Population and Food.** Global trends and Future Prospects, Publicación European Journal of Population/Revue européenne de Démographie, 15(2):203-204.

Eicher, C.K. 1995. **Zimbabwe's maize-based green revolution: preconditions for replication.** *World Dev.*, 23: 805-818.

FAO. 1995. **Agricultura mundial: hacia el año 2010, estudio de la FAO.** N. Alexandratos, ed. Roma, FAO y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. Páginas. 57 p.

Goldman, A. y Smith, J. 1995. **Agricultural transformations in India and northern Nigeria: exploring the nature of green revolutions.** *World Dev.*, 23: 243-263.

Gutiérrez, J. A. 1996. **La revolución verde, ¿solución o problema?** In: Suttcliffe, B. (coord.), *El Incendio Frío. Hambre, alimentación y desarrollo*, Icaria-Antrazyt, Barcelona, pp. 231-245.

Hamblin, A. 1995. **The concept of agricultural sustainability.** *Advances in Plant Physiology* 11: 1-19.

Instituto Nacional de Antropología e Historia. 1975. **Centro Regional del Noroeste. Sinaloa: el drama y sus actores**, México, (Colección Científica, 20), 296 pp.

Langue, F. 1986. **Economías y sociedades en el estado de Sinaloa. Los orígenes locales de la Revolución de 1910.** Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales, maestría en historia regional, 176-190 pp.

Mann, Ch. 1997. **Reseeding the Green Revolution.** *Science*, 277: 1038-1043 pp.

Mann, Ch. 1999. **Crop scientists seek a new revolution.** *Science*, 283: 310-314 pp.

Matson, P.A., W.J. Parton, A.G. Power y M.J. Swift. 1997. **Agricultural intensification and ecosystem properties.** *Science* 277: 504-509 pp.

McCalla, A.F. 1994. **Agriculture and food needs to 2025: Why we should be concerned.** Washington, D.C., GICAI. 145-158 pp.

Meyer, J. 1984. **Esperando a Lozada.** Zamora, El Colegio de Michoacán, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 268 pp.

Neuman, T. 2006. **Un futuro comprometido: La agricultura y la acuicultura compiten por el agua.** Programa de las américas 1-9 pp.

Pérez, R. A. 1944. **Historia de los triunfos de nuestra santa fe entre las gentes las más bárbaras y fieras del Nuevo Orbe.** México, Layac, 3 vols. 115 pp.

Pimentel, O., Harman, R., Pacenza, M., Pekarsky, J. & Pimentel, M. 1994. **Natural resources and an optimum human population.** *Pop. Environ.*, 15: 5, 45 pp.

Shiva, V. 1991. **The violence of the Green Revolution.** Third World Agriculture, Ecology and Politics, Zed Books, Londres, 158 p.

Swaminathan, M.S. 1994. **Uncommon opportunities. An agenda for peace and equitable development.** Informe de la Comisión Internacional de la Paz y la Alimentación. Londres, Zed Books, 178 p.



Figura 1. Producción agrícola en el estado de Sinaloa mediante equipo tecnificado Foto: Gomez J.L.



Figura 2. Sinaloa y Sonora: El más alto porcentaje de superficie agrícola sujeto a riego. Foto Talli Nauman.

Mariano Norzagaray Campos

Doctorado en Ciencias Marinas por el CINVESTAV-IPN-Mérida, Candidato a Dr. en Geohidrología por la UNAM. Premio nacional a la investigación 1998 y ha publicado desde el 2003 12 artículos nacionales e internacionales en temáticas hidrogeoquímicas y cambio climático y ha dirigido 15 tesis de maestría, 8 de licenciatura y 1 de doctorado. Actualmente es profesor Investigador Titular "C" de tiempo completo en el CIIDIR-IPN unidad Sinaloa- Depto. de Medio Ambiente y

Recursos Naturales- Ingeniería Ambiental. Correo electrónico: mnorzaga@ipn.mx

Cipriano García Gutiérrez

Doctorado en Ciencias (especialidad en Ingeniería y Biotecnología) Instituto Tecnológico de Durango, Maestría en Ciencias con especialidad en Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Biólogo de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas I.P.N. Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI Nivel II).

Omar Llanes Cárdenas

Maestro en Ciencias por el CIIDIR IPN- Sinaloa en el área de Ingeniería Ambiental. Profesor Investigador en la Universidad Autónoma de Sinaloa. Desde el 2007 ha escrito 4 artículos nacionales y en la actualidad es candidato a Doctor y estudiante en el CIBNOR- Unidad La paz.

Enrique Troyo Diéguez

M.C por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México. Doctor en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Investigador Titular, CIBNOR, S.C. La Paz, B.C.S., México. Desde 1985 ha sido autor o coautor de 105 artículos de investigación nacional e internacional y ha participado en 75 congresos científicos; en la actualidad es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel II. Correo electrónico: etroyo04@cibnor.mx

Patricia Munoz Sevilla

Doctorado en Ciencias por la Universidad de Marsella, Francia. Desde 1985 ha sido autora y coautora en 45 artículos de investigación nacionales e internacionales. Actualmente es el Director del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del IPN.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO AGRÍCOLA DE MÉXICO

Adolfo Dagoberto Armenta Bojórquez, Cipriano García Gutiérrez, J. Ricardo Camacho Báez,
Miguel Ángel Apodaca Sánchez, Leobardo Gerardo Montoya y Eusebio Nava Pérez

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 6, Número 1

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 51-56



e-revist@s

BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO AGRÍCOLA DE MÉXICO

ROLE OF BIOFERTILIZERS IN THE AGRICULTURAL DEVELOPMENT IN MEXICO

Adolfo Dagoberto Armenta-Bojórquez¹, Cipriano García-Gutiérrez¹, J. Ricardo Camacho-Báez¹, Miguel Ángel Apodaca-Sánchez², Leobardo Gerardo-Montoya¹ y Eusebio Nava-Pérez¹

¹Profesor Investigador. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional CIIDIR-IPN COFAA. Unidad Sinaloa, México. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250. Col. San Joachin, C.P. 81101, Guasave, Sinaloa. Teléfono: +687-872-9626. Fax: +687-872-9625. ² Profesor-Investigador. Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte, Sinaloa. UAS.

RESUMEN

Los fertilizantes sintéticos presentan baja eficiencia ($\leq 50\%$) para ser asimilados por los cultivos, el fertilizante no incorporado por las plantas trae un impacto ambiental adverso, tal como contaminación de mantos acuíferos con NO_3^- , eutrofización, lluvia ácida y calentamiento global. Una alternativa para frenar esto es el uso de biofertilizantes, preparados con microorganismos aplicados al suelo y/o planta, con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética. La respuesta de los biofertilizantes varía considerablemente, dependiendo de los microorganismos, tipo de suelo, especies de plantas, y condiciones ambientales. Los microorganismos aplicados deben competir con una microflora nativa mejor adaptada a condiciones ambientales adversas, incluyendo falta de humedad en el suelo, predación, alta salinidad y pH extremos, que pueden disminuir rápidamente la población de cualquier especie microbiana introducida. Los resultados de esta investigación indican que la utilización de cepas nativas de microorganismos en la elaboración de biofertilizantes tienen mayor posibilidad de efectividad en el campo, por estar adaptados a las condiciones del suelo de cada región.

Palabras claves: Biofertilizante, cepas nativas, agricultura.

SUMMARY

Synthetic fertilizers have low uptake efficiency by crops, it can be less than 50% of the applied fertilizer, the not incorporated fertilizer brings an adverse environmental impact, such as groundwater, contamination with NO_3^- , eutrophication, acid rain and global warming. An alternative to use bio-fertilizers, are microorganisms preparations applied to the soil and or plant, to replace partially or totally synthetic fertilizer. The responses to biofertilizers vary considerably, depending on kind of microorganisms, soil type, plant species and environmental conditions. Applied microorganisms must compete with native soil microflora which might be better adapted to adverse environmental conditions (lack of soil moisture, predation, high salinity and extremes pH); these factors can quickly diminish the population of any microbial species introduced into the soil. The results of this research indicate that the use of native strains in the development of bio-fertilizers, have a greater opportunity of effectiveness use in the field due to their adaptability to the soil conditions of each region.

Key Word: Biofertilizer, native strains, agriculture.

INTRODUCCIÓN

Los biofertilizantes son preparados de microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos. Los microorganismos utilizados en los biofertilizantes son clasificados dentro de dos grupos: El primer grupo incluye microorganismos que tienen la capacidad de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al stress por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas, por parte de la planta. El segundo grupo incluye microorganismos los cuales son capaces de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos (Bashan y Holguin, 1998; Lucy *et al.*, 2004). Puede haber microorganismos que puedan estar en los dos grupos, que además de promover el crecimiento de la planta, inhiba los efectos de microorganismos patógenos (Kloepper *et al.*, 1980).

Algunas de las bacterias son versátiles y pueden presentar varios mecanismos, por ejemplo, *Bacillus subtilis* que produce auxinas que promueven el crecimiento de tomate e inducen resistencia sistémica contra *Fusarium oxysporum*, el cual provoca marchitez y pudrición de las raíces (Gupta *et al.*, 2000).

Microorganismos utilizados como biofertilizantes

Los microorganismos que intervienen en la fijación biológica de nitrógeno atmosférico (FBNA) que es la reducción enzimática de nitrógeno (N_2) a amonio (NH_4), podemos clasificarlos en dos grupos a) microorganismos

(bacterias hongos y algas) que fijan nitrógeno en forma no simbiótica o de vida libre y b) microorganismos que fijan el nitrógeno en forma simbiótica con plantas leguminosas y no leguminosas (azolla, gramíneas y otras), las mayores cantidades de nitrógeno atmosférico fijado, es llevado a cabo por leguminosas en asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* (Richards, 1987). En las bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre se encuentran los géneros más estudiados que son *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Beijerinckia* y *Klebsiella*, los cultivos en donde ha sido más estudiado este proceso de fijación de nitrógeno son: caña de azúcar, arroz, sorgo, trigo y pastos tropicales forrajeros, donde la fijación de N_2 por bacterias asociativas y de vida libre es importante (Döbereiner *et al.*, 1995).

Microorganismos que proporcionan fósforo a las plantas, entre los más importantes está los hongos micorrízicos que presentan asociación simbiótica con las plantas, las cuales suministran además de un nicho ecológico, la fuente de carbono que necesita el hongo para su desarrollo, a su vez la planta se beneficia incrementando la captación de nutrimentos minerales del suelo principalmente fósforo (Alloush *et al.*, 2000).

En Chile ancho inoculado con *Glomus intraradices*, en suelo franco arenoso, con bajo contenido de fósforo, se obtuvo incremento en el número de hojas, área foliar, frutos y biomasa de raíces (Aguilera-Gómez *et al.*, 1999).

La disponibilidad del fósforo para la planta está influenciada por los microorganismos de la rizósfera. Un alto porcentaje de las bacterias de la rizósfera y el rizoplasma son capaces de degradar sustrato de fósforo orgánico, y las cifras totales de microorganismos aumentan en la vecindad de raíces metabólicamente activas (Powell y Bagyaraj, 1984). Existen microorganismos solubilizadores de nutrimentos tal es el caso de *B. subtilis*, *B. circulans* y *B. polymyxa*, lo cual, permite que el fósforo disponible en la rizósfera se incremente en beneficio para las plantas (Bashan *et al.*, 1996).

Bacterias promotoras de crecimiento de las plantas (BPCP), tienen capacidad para sintetizar

sustancias reguladoras del crecimiento o fitohormonas. Estas sustancias son compuestos naturales, que afectan diversos procesos de las plantas, a concentraciones más bajas de las que presentan nutrimentos o vitaminas. Los reguladores del crecimiento vegetal sintetizados por las plantas son: auxinas, giberelinas, citocininas, ácido indolacético, etileno y ácido abscísico. Cuando estas sustancias son producidas en forma endógena por las plantas, se les denomina hormonas vegetales o fitohormonas. El término "reguladores del crecimiento de las plantas" se refiere a los compuestos sintéticos que tienen propiedades para regular el crecimiento de las plantas; generalmente, este término se utiliza también cuando las hormonas de las plantas son producidas por microorganismos de la rizósfera (Arshad y Frankenberger, 1991).

Microorganismos productores de sideróforos que son compuestos de bajo peso molecular con alta afinidad por el hierro (Fe^{3+}); también pueden tener afinidad por el manganeso y molibdeno (Leong, 1986; Cornish y Page, 2000) como un mecanismo para obtener estos micronutrientes en condiciones de deficiencia (Neilands, 1981). Los sideróforos se asocian con el Fe^{3+} en la solución del suelo y son reabsorbidos y procesados en la planta o en la bacteria, siendo un mecanismo eficiente para obtener nutrimentos. Su producción ha sido asociada con diversas bacterias libres, especialmente del grupo de las *Pseudomonas* (Zdor y Anderson, 1992).

Impacto de los biofertilizantes en México

En México el mayor impacto de los biofertilizantes fue en los años 70's y 80's con la fijación biológica de nitrógeno en soya y garbanzo, donde se logró sustituir la fertilización nitrogenada en Sinaloa que en ese tiempo fue el principal productor nacional de estas leguminosas (Armenta-Bojórquez, 1986; 1990), la utilización de inoculantes comerciales a base de *Rhizobium* fue una práctica generalizada por los productores agrícolas, además de ser recomendada por los centros de investigación (INIFAP, 1990).

En los últimos años han aparecido las primeras preparaciones comerciales de BPCP y hongos

micorrízicos arbusculares (HMA), por su costo han sido utilizadas principalmente en hortalizas.

Los trabajos de investigación con micorrizas son relativamente recientes ya que la elaboración del inóculo no es de fácil manejo por ser un simbionte obligado. Sin embargo, en los últimos años con los adelantos tecnológicos se han introducido al mercado productos con impacto a la horticultura en cuanto a la obtención de plántulas vigorosas en el invernadero aumentando la sobrevivencia de plantas en el trasplante a campo, como la introducción de un inoculante líquido de *Glomus intrarradices* por la compañía Buckman en 1995 en Sinaloa.

En 1999, se introdujo HortiC Plus, de Plant Health Care (PHC) en el mercado. En el 2000, se introdujeron sustratos con esporas especialmente para su utilización en invernaderos para satisfacer la demanda a productores de hortalizas. Sin embargo, no existen evaluaciones serias de investigación sobre el beneficio de estos inoculantes comerciales.

En cultivos de granos ha habido una producción nacional de inoculantes (INIFAP) apoyada inicialmente por el gobierno mexicano, pero no se ha tenido la aceptación esperada por los productores, de cualquier manera los productos biológicos presentan una penetración menos espectacular que los fertilizantes sintéticos en el mercado, al mostrar los productores desconfianza de reducir la fertilidad del suelo y con ello, sus ganancias. Esta desconfianza se basa principalmente en la respuesta de los biofertilizantes que varían considerablemente, dependiendo de los microorganismos, tipo de suelo, especies de plantas, y condiciones ambientales. Los microorganismos aplicados deben competir con una microflora nativa mejor adaptada, las condiciones ambientales adversas, incluyendo falta de humedad en el suelo, predación, alta salinidad y pH extremos, pueden disminuir rápidamente la población de cualquier especie microbiana introducida en el suelo, excepto que se tomen las precauciones necesarias para seleccionar el inoculante adecuado y proveer condiciones que lo favorezcan.

Los problemas de fertilidad son resueltos principalmente con fertilizantes sintéticos, pero los efectos adversos al medio ambiente han orientado a buscar nuevas estrategias como los biofertilizantes (Rabie y Humiany, 2004).

Contaminación de fertilizantes sintéticos

El nitrógeno es el nutrimento aplicado más extensivamente como fertilizante, seguido por el fósforo y potasio. Los fertilizantes nitrogenados se caracterizan por su baja eficiencia en su uso por los cultivos, misma que puede ser menor al 50% (Keeney, 1982), lo que trae como consecuencia un impacto ambiental adverso, tal como contaminación de mantos acuíferos con NO_3^- , eutrofización, lluvia ácida y calentamiento global (Ramanathan, *et al.*, 1985). La roca fosfórica, que es la materia prima de los fertilizantes fosforados, tiene cantidades importantes de cadmio dependiendo del tipo de roca (Gilliam, *et al.*, 1985) y el uso continuo de este fertilizante induce la acumulación en el suelo de cadmio, elemento que es indeseable por su riesgo de toxicidad en plantas y animales (Mengel y Kirkby, 1982). Otro problema no menos importante es la contaminación de aguas superficiales y subterráneas con nitratos y la emisión de gases de nitrógeno a la atmósfera (NO y N_2O) que es consecuencia del uso inadecuado de fertilizantes nitrogenados (Castellanos y Peña-Cabriales, 1990; Puckett, 1995; Gilliam *et al.*, 1985) y de la aplicación de láminas inapropiadas de agua de riego, y asociado a esto, está el riesgo de acumulación de nitratos en frutos y verduras comestibles, así como en acuíferos, lo cual es de alto riesgo para la salud humana cuando la concentración de N-NO_3 supera el 0.2% en las partes comestibles de las plantas como frutos de hortalizas o verduras y en agua potable llega a 10 ppm (Malakouti, *et al.*, 1999).

Perspectivas de los biofertilizantes

El aumento de la concientización sobre el cuidado del medio ambiente y la evidencia del deterioro ambiental que causan los agroquímicos ha hecho que los productores agrícolas, vean como buena alternativa la aplicación de los biofertilizantes ya que en la actualidad se usa BPCP y hongos micorrízicos, entre los productores de plántulas en invernaderos y

viveros, así como el incremento de microempresas productoras de abonos orgánicos que incluyen los biofertilizantes y la producción de estos insumos por los propios productores, que los introducen a un manejo más sustentable del suelo, estas practicas van en aumento tanto en agricultura orgánica como convencional, sobre todo en el noroeste del país, aún siendo donde se tiene la tecnología agrícola más avanzada. Se esta adoptando una estrategia de suministro de nutrientes a los cultivos (hortalizas y cultivos de grano), integrando una inteligente combinación de fertilizantes orgánicos, humus de lombriz y biofertilizantes; todo ello dentro del marco de la sustentabilidad, para reducir los daños causados al ambiente y a la salud del hombre y los animales por los métodos irracionales que se han empleado en las últimas décadas (Fundación Produce, 2006).

La mayor demanda de abonos orgánicos por los productores agrícolas vienen siendo los fermentados líquidos (compostas líquidas y biofertilizantes líquidos) que al aplicarse al suelo tienen importantes beneficios entre los que destacan, el aumento en los nutrientes (Eghball *et al.*, 2004; Ma *et al.*, 2003); mejoramiento de la capacidad del suelo para retener agua; mejores condiciones físicas para el desarrollo de las raíces y el laboreo del suelo (Badaruddin *et al.*, 1999); control de algunas enfermedades del suelo que causan la pudrición de raíces, y un aumento en la actividad microbiana (Kannangara *et al.*, 2000; Litterick *et al.*, 2004).

Otras razones de la preferencia de estos abonos líquidos son: a) Que pueden aplicarse de muchas maneras incluyendo el agua de riego que puede ser por gravedad o presurizado. b) Fácil manejo por las motobombas que reducen jornales. c) No requiere equipo especializado para su almacenamiento y aplicación y d) Se tiene mejor control de la cantidad aplicada al manejarse en volumen y no en peso.

El incremento de estas microempresas y practica del productor de producir su propio fertilizante (biofertilizantes), debe ser fomentada y mejorada por los centros de investigación y organismos relacionados con la agricultura, para optimizar esta actividad que se traduzca en mayores

ganancias y mejoras al ambiente. Entre las actividades a mejorar esta el de seleccionar microorganismos nativos de la región en la producción de biofertilizantes, ya que así se dan mayores posibilidades del establecimiento y multiplicación del mismo en el suelo, lo que permitirá un mayor beneficio en la planta. En Sinaloa, en producción de plántula de chile jalapeño, la aplicación de cepa nativa de *B. subtilis*, presentó la mayor producción de biomasa (peso seco), comparable a cepas de *Bacillus* comerciales (Espinoza *et al.*, 2003). En tomate la producción de biomasa en peso seco de follaje de plántula, se encontró que las cepas nativas de *B. subtilis* son eficientes para la obtención de plántulas de tomate con calidad, reduciendo en 50% la fertilización sintética (Armenta-Bojórquez *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

La utilización de cepas nativas de microorganismos en la elaboración de biofertilizantes, presentan mayor posibilidades de efectividad en el campo, por estar adaptados a las condiciones del suelo de cada región.

La recomendación del uso de biofertilizantes, debe hacerse inicialmente como un complemento a la fertilización sintética, con visión de sustituirla a mediano o largo plazo de acuerdo a las condiciones de suelo, manejo y respuesta del cultivo.

LITERATURA CITADA

- Aguilera-Gómez, L., Davies F. T., Olalde-Portugal, V., Duray, S. A., Phavaphutanon, L. 1999. **Influence of phosphorus and endomycorrhiza (*Glomus intrarradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annum* L. cv. San Luis).** Photosynthetica. 36:441-449.
- Alloush, G.A, Zeto, S.K, Clark, N. 2000. **Phosphorus source, organic matter, and arbuscular mycorrhizal effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil.** Journal of Plant Nutrition. 23(9):1351-1369.
- Arshad, M., and Frankenberger Jr., W.T. 1991. **Microbial production of plant hormones.** Plant and Soil. 133:1-8.
- Arshad, M., and Frankenberger Jr., W.T. 1998. Plant growth-