

ESTABLECIMIENTO DEL GUSANO ROJO EN PLANTAS DE MAGUEY EN INVERNADERO

**Celina LLANDERAL-CÁZARES¹, Héctor M. DE LOS SANTOS-POSADAS¹,
Iván ALMANZA-VALENZUELA¹, Ramón NIETO-HERNÁNDEZ¹
y Carlos CASTILLEJOS CRUZ²**

¹Colegio de Postgraduados. *Campus* Montecillo, Km 36.5 Carretera México-Texcoco.
56230 Montecillo, Edo. de México, MÉXICO.

²UNAM, FES Zaragoza, J. C. Bonilla No. 66 Col. Ejército de Oriente, 09230, México, D. F. MÉXICO.
E-mail: llcelina@colpos.mx, hmsantos@colpos.mx, ivanal@colpos.mx, rnieto@colpos.mx,
carlcasti@hotmail.com

Llanderal-Cázares, C., H. M. De los Santos-Posadas, I. Almanza-Valenzuela, R. Nieto-Hernández & C. Castillejos Cruz. 2010. Establecimiento del gusano rojo en plantas de maguey en invernadero. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 26(1): 25-31.

RESUMEN. En un intento por producir de manera intensiva al gusano rojo del maguey, se probaron seis condiciones de infestación a fin de lograr el establecimiento de larvas colocadas en la base de plantas jóvenes de agave, bajo condiciones de invernadero. Para favorecer la infestación se usaron densidades de 25, 50 y 100 larvas de tercero y cuarto instar de 55 mg de peso en promedio y dos diferentes condiciones de riego, a intervalos de una y tres semanas, a fin de mantener el vigor de las plantas y las condiciones favorables de humedad del suelo. Los datos se analizaron utilizando regresión logística para identificar las condiciones que favorecen las mejores tasas de establecimiento. Los resultados sugieren que la mayor tasa de establecimiento se da bajo las condiciones de riego más espaciadas (cada tres semanas) y densidades más bajas (25 larvas por planta). Sin embargo, el mayor gramaje por larva se presentó bajo las condiciones de riego semanales.

Palabras clave: *Comadia redtenbacheri*, *Agave salmiana*, insectos comestibles, entomofagia.

Llanderal-Cázares, C., H. M. De los Santos-Posadas, I. Almanza-Valenzuela, R. Nieto-Hernández, & C. Castillejos Cruz. 2010. Red worm establishment on greenhouse-grown agave plants. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 26(1): 25-31.

ABSTRACT. As an attempt to intensively produce the agave red worm *Comadia redtenbacheri* Hamm., there were tested six different infestation conditions with the goal to accomplish the establishment of larvae placed at the base of young agave plants under greenhouse conditions. In order to encourage infestation, there were used densities of 25, 50 and 100 larvae of third and fourth developing stage with an average weight of 55 milligrams, on two different irrigation conditions under intervals of one and two weeks, to keep vigorous plants and positive ground moisture conditions. Data were analyzed using logistical regression to identify the conditions that favor the best establishment rates. Results suggest that the highest establishment rate is given by the most spread irrigation condition (3 weeks) and lowest population densities (25 larvae for plant); however, the best larval weight was observed under the weekly irrigation scenario.

Recibido: 02/03/2009; *aceptado:* 11/12/2009.

Key words: *Comadia redtenbacheri*, *Agave salmiana*, edible insects, entomophagia.

INTRODUCCIÓN

Aunque en el pasado la entomofagia fue una actividad practicada sólo por grupos étnicos, hoy se presenta como un recurso rentable, ya que existen registradas 549 especies de insectos comestibles en México (Ramos-Elorduy *et al.* 2008), las cuales se consumen en sus diferentes etapas de desarrollo (Ramos-Elorduy 1987). El gusano rojo del maguey, larva de la palomilla *Comadia redtenbacheri* (Hammerschmidt) (Lepidoptera: Cossidae), que es colectado en los estados de México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Querétaro, San Luís Potosí, Jalisco, Oaxaca, Chiapas y el Distrito Federal (Granados 1993) tiene gran demanda temporal, siendo comercializado en mercados y restaurantes a precios elevados, para ser consumido en variados estilos dentro de la cocina tradicional mexicana. Su valor nutritivo es alto ya que contiene 17 aminoácidos esenciales, ocho de los cuales se encuentran en las cantidades requeridas para el consumo humano de acuerdo con el patrón FAO de 1973 (Ramos-Elorduy & Pino-Moreno 1984; Granados 1993) y su contenido energético está dentro de los más altos de los registrados en insectos comestibles, con un valor de 2545.36 kJ/100g (Ramos-Elorduy *et al.* 2007). También se le atribuye importancia en la industria mezcalera, en la que es incluido en las botellas de bebida alcohólica (Ramos-Elorduy 2006), para agregar valor al producto.

El gusano rojo está asociado al maguey pulquero *Agave salmiana* Otto *ex* Salm., hospedante natural del cual depende, ya que se alimenta de los tejidos de la base de las pencas, las raíces y del tallo subterráneo donde penetra y se establece hasta completar su desarrollo larvario (Granados 1993), en un tiempo que va de cinco meses en invernadero a ocho meses en campo (Llanderal-Cázares *et al.* 2007). Presenta siete estadios larvales y completa su ciclo de vida en un año, aunque los adultos permanecen con vida sólo de tres a cinco días, ya que poseen un aparato bucal atrofiado que les impide alimentarse (Hernández-Livera *et al.* 2005; Llanderal-Cázares *et al.* 2007).

Su atractivo comercial ha motivado el establecimiento de unidades de producción rural para la reproducción intensiva de gusano rojo, logrando colonizaciones variables de agaves previamente establecidos en parcelas (Nolasco-Miguel *et al.* 2002; Camacho *et al.* 2005), pero la demanda sigue dependiendo de la colecta de poblaciones silvestres, lo cual ha ocasionado su disminución, al grado de ser considerado como el insecto comestible con mayor peligro de extinción, al igual que la población de magueyes, debido a que estos no son replantados después de la colecta de los insectos (Ramos-Elorduy 2006). Todo esto sitúa al gusano rojo de maguey frente a un panorama incierto de posibilidades, por lo que se hace indispensable la generación de conocimientos que permitan realizar un aprovechamiento sostenible de este recurso biológico. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el establecimiento de la fase larvaria de *C. redtenbacheri*, en plantas de maguey mantenidas en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODO

Para realizar las pruebas de establecimiento se requirieron larvas de *C. redtenbacheri* y plantas de *A. salmiana*. Las plantas de maguey, procedentes del municipio de Coyotepec, Otumba, Estado de México, fueron seleccionadas con medidas de 30 a 50 cm de alto y plantadas en macetas con capacidad para 10 kg con suelo franco del Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, Estado de México. El suelo se extendió para secarlo antes de plantar los magueyes. Con base en pruebas preliminares en las que se experimentó el riego por inmersión y por gravedad, se optó por evaluar dos frecuencias de riego por gravedad, semanal y cada tres semanas, usando un volumen de agua de un litro por maceta. Los magueyes en macetas se mantuvieron bajo condiciones de invernadero, a una temperatura promedio de $29 \pm 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de alrededor de $60 \pm 5\%$. Las larvas se obtuvieron en el Laboratorio de Fisiología de Insectos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, como resultado del manejo de apareamientos de palomillas de *C. redtenbacheri*, la incubación de los huevos a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 30-40 días y el mantenimiento de las larvas de los dos primeros estadios durante 60 días con trozos de rizoma de *A. salmiana*.

Las pruebas de establecimiento se realizaron con larvas de tercero y cuarto instar de 55 mg de peso en promedio, las cuales se colocaron en grupos de 25, 50 y 100 larvas por planta, ya que en condiciones naturales se observó que cada planta de maguey del tamaño usado en el experimento tenía entre 15 y 50 larvas, quedando aprovechable aún parte del rizoma. La infestación de las plantas de maguey, con cinco repeticiones por tratamiento y dos frecuencias de riego (a intervalos de una y tres semanas), se hizo un día después de aplicar un riego, cuando el suelo estaba todavía en su capacidad de campo. En total se emplearon 30 plantas de maguey y 1750 larvas. Las larvas fueron ubicadas en contacto con el tallo con ayuda de un pincel, para lo cual se escarbó cerca de la base de la planta, debajo de las hojas y se volvió a cubrir con el mismo suelo. Considerando que el propósito principal del experimento fue evaluar la probabilidad de éxito en la infestación, a los 99 días se sacaron los magueyes de la maceta y las larvas se extrajeron de las plantas por disección del rizoma, tomando en cuenta que en ese lapso de tiempo los insectos que se hubieran establecido exitosamente ya habrían incrementado su peso original, aunque les faltara completar su desarrollo larvario, ya que para ello se requieren de seis a ocho meses de acuerdo con Llanderal *et al.* (2007).

El éxito en la infestación se evaluó mediante un análisis de regresión logística para definir el efecto entre los tratamientos densidad-humedad y el establecimiento de las larvas. El análisis de regresión logística es una técnica ampliamente utilizada para el estudio de variables discretas y análisis de riesgo, cuyo objetivo es modelar la probabilidad de aparición de un suceso obteniendo valores en un rango de 0 a 1, con base en la presencia de diversos factores y el nivel de los mismos (Agresti 2002).

Recientemente ha sido usado para analizar la colonización de árboles por insectos descortezadores (Fonseca *et al.* 2008).

Una vez obtenido el ajuste, las probabilidades de establecimiento por planta se pueden obtener a partir de la siguiente expresión:

$$P(x) = \frac{\exp(f(x))}{1 + \exp(f(x))}$$

Donde $P(x)$ es la proporción de éxito en la infestación a partir de la densidad inicial de la cohorte introducida por maguey, \exp es la función exponencial y $f(x)$ es el módulo lineal que establece la estructura de los tratamientos utilizados.

El módulo lineal $f(x)$ para la regresión logística fue el siguiente:

$$f(x) = \beta_0 + \beta_1 \times I_{D-1} + \beta_2 \times I_{D-2} + \beta_3 \times I_{R-1}$$

Donde β_i son los parámetros estimados calculados en la regresión logística e I_x son las variables dicotómicas que establecen la presencia de los niveles de los tratamientos aplicados. Para estos tratamientos I_{R-1} toma el valor de 1 cuando el riego aplicado es semanal, I_{D-1} toma el valor de 1 cuando la densidad inicial es 25 larvas, I_{D-2} toma el valor de 1 cuando la densidad inicial es 50, β_0 representa el efecto base que es la densidad de 100 larvas y la frecuencia de riego de cada tres semanas. Combinando los efectos es posible estimar la probabilidad por nivel de infestación y frecuencia de riego.

RESULTADOS

Después de 99 días se pudo evaluar un total de 27 plantas, ya que se perdieron tres de ellas, una en cada densidad de infestación. Al realizar el análisis logístico (Cuadro 1), las mejores probabilidades de éxito se obtuvieron para las densidades de 25 y 50 larvas (1.63 y 1.07). En el Cuadro 2 se observa que la mayor probabilidad de supervivencia de las larvas correspondió a los tratamientos con riego cada tres semanas y tanto en esta frecuencia de riego como en la semanal, el porcentaje de larvas recuperadas fue estadísticamente mayor cuando la infestación se realizó con 25 larvas por planta, seguido por el de 50 y con poco establecimiento para el nivel de 100 larvas (Cuadro 2).

Las larvas que permanecieron dentro de las plantas de maguey registraron pesos superiores a los 600 mg, con excepción de las larvas con una densidad de 25 y 50, ubicadas en las plantas regadas cada tres semanas (Cuadro 3), aunque en esta frecuencia de riego el número de larvas establecidas fue mayor para las tres densidades de infestación (Cuadro 4).

Cuadro 1. Bondad de ajuste y parámetros estimados del modelo logístico para estimar la probabilidad de infestación de *Comadia redtenbacheri*, bajo tres densidades iniciales y dos frecuencias de riego.

Criteriono	GL	Valor	Valor/GL
Desviación	23	285.632	12.4188
Chi-cuadrada de Pearson	23	346.3026	15.0566
Maxima Verosimilitud		-441.9881	

Parámetro	GL	Parámetro estimado	Error Estandar	Chi- Cuadrada Calculada	Valor de Rechazo
β_0	1	-2.742	0.1776	238.43	<.0001
β_0	1	1.6301	0.2313	49.66	<.0001
β_0	1	1.078	0.2159	24.93	<.0001
β_0	1	-0.618	0.1841	11.27	0.0008

Cuadro 2. Probabilidad de supervivencia para larvas de los tratamientos con tres densidades de infestación y dos frecuencias de riego.

Frecuencia de riego	Probabilidad de éxito por densidad		
	D ₂₅	D ₅₀	D ₁₀₀
Semanal	0.150	0.092	0.033
Cada tercer semana	0.247	0.159	0.060

Cuadro 3. Pesos promedio de larvas recuperadas de magueyes infestados con tres diferentes densidades y dos frecuencias de riego, con sus desviaciones estándar.

Frecuencia de riego	Pesos promedio de larvas (g)		
	D ₂₅	D ₅₀	D ₁₀₀
Semanal	0.652213 (0.23962)	0.9338 (1.161497)	0.67844 (0.126387)
Cada tercer semana	0.254075 (0.045365)	0.352725 (0.088264)	0.965125 (0.714618)

Cuadro 4. Establecimiento absoluto en larvas por planta en los tratamientos

Frecuencia de riego	Densidad final promedio en larvas por planta		
	D ₂₅	D ₅₀	D ₁₀₀
Semanal	4	5	3
Cada tercer semana	6	8	6

DISCUSIÓN

En las infestaciones con grupos de 25, 50 y 100 larvas con frecuencia de riego cada tres semanas, el establecimiento fue más exitoso en comparación con la frecuencia de riego semanal, la cual disminuyó la posibilidad de supervivencia de las larvas aunque impulsó su desarrollo, mientras que el riego cada tercera semana favoreció la supervivencia de las larvas, pero con una menor ganancia de peso. En muchas especies de insectos se ha registrado una conducta de agregación hacia los ambientes húmedos, aunque algunas especies más resistentes a la desecación reaccionan de modo contrario (Bursell 1974). En el caso de *C. redtenbacheri*, para obtener una buena cantidad de larvas con peso aceptable, es indispensable definir el nivel óptimo de humedad, tomando en cuenta también el tamaño del maguey y la madurez de su sistema radical, por lo que se aconseja tener magueyes con un mínimo de seis meses de establecimiento si estos han sido extraídos del campo, con la finalidad de evitar deficiencias en la absorción de agua por la destrucción de raíces.

Las larvas que tuvieron éxito en su establecimiento alcanzaron posteriormente el estado de pupa. Camacho *et al.* (2003) señalan que el cambio en las condiciones cuando las larvas se extraen del maguey puede afectar su desarrollo y provocar que la pupación se presente antes de completar el último estadio. Lo anterior se debe considerar cuando las larvas se extraen de la planta hospedera inicial y se intenta que colonicen a una segunda planta. En pruebas preliminares se ha detectado la posibilidad de un mayor establecimiento de las larvas del gusano rojo del maguey, si la infestación se lleva a cabo con masas de huevos.

Se requiere realizar análisis costo-beneficio para el uso de la infestación controlada como método de producción del gusano rojo. Observando la densidad absoluta que se presenta en el Cuadro 4, a partir de la densidad inicial es posible ver que la infestación absoluta estimada varía de tres a ocho individuos por planta. Para la densidad de 100 y 25 esto implica el establecimiento de tres a ocho larvas por planta. El tratamiento de 50 es intermedio, ya que logra las mayores densidades de infestación absolutas y pesos de 600 mg al promediar ambos tiempos de riego. En todo caso, si el costo de colocar densidades de 50 es igual al de colocar densidades

de 25 es preferible la primera densidad en riegos cada tres semanas, pero si el uso de 50 larvas duplica el costo que usar 25, esta última densidad es preferible y no se sacrifica en mucho el peso de las larvas.

AGRADECIMIENTOS. Al Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), por el financiamiento a través del proyecto: “Desarrollo de una técnica para la producción intensiva del gusano rojo del maguey”.

LITERATURA CITADA

- Agresti, A.** 2002. *Categorical data analysis*. 2nd ed. Wiley, John y Sons, Inc. Pp. 79-129.
- Bursell, E.** 1974. *Introducción a la fisiología de los insectos*. Alhambra. España. Pp. 326-330.
- Camacho, A. D., A. Sánchez-Hernández, J. E. Jiménez-Luna & A. Nolasco-Miguel.** 2003. Observaciones en condiciones de laboratorio de la biología del “gusano rojo del maguey” *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). *Entomología Mexicana*, 2: 281-287.
- Camacho, A. D., A. Nolasco-Miguel, J. E. Jiménez-Luna & F. Rivera-Torres.** 2005. Reintroducción de maguey y cultivo del gusano rojo *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). *Entomología Mexicana*, 4: 599-603.
- Fonseca-González J., H. M. De Los Santos-Posadas, C. Llanderal-Cázares, D. Cibrián-Tovar, D. A. Rodríguez-Trejo & J. Vargas-Hernández.** 2008. *Ips* e insectos barrenadores en árboles de *Pinus montezumae* dañados por incendios forestales. *Madera y Bosques*, 14 (1): 69-80.
- Granados, D. S.** 1993. *Los Agaves en México*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 252 p.
- Hernández-Livera, R. A., C. Llanderal-Cázares, L. E. Castillo-Márquez, J. Valdez-Carrasco & R. Nieto-Hernández.** 2005. Identificación de instares larvales de *Comadia redtenbacheri* (Hamm) (Lepidoptera: Cossidae). *Agrociencia*, 39: 539-544.
- Llanderal-Cázares, C., R. Nieto-Hernández, I. Almanza-Valenzuela & C. Ortega-Álvarez.** 2007. Biología y comportamiento de *Comadia redtenbacheri* (Hamm) (Lepidoptera: Cossidae). *Entomología Mexicana*, 6: 252-255.
- Nolasco-Miguel, A., J. E. Jiménez Luna & A. D. Camacho.** 2002. Inducción de la pupación y colonización del gusano rojo del maguey *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). *Entomología Mexicana*, 1: 125-130.
- Ramos-Elorduy, J.** 1987. *Los Insectos como Fuente de Proteínas en el Futuro*. 2da Ed. Limusa, México, D. F. 148 p.
- Ramos-Elorduy, J.** 2006. Threatened edible insects in Hidalgo, México and some measures to preserve them. *Journal of Ethnobiology*, 2 (51): 1-10.
- Ramos-Elorduy, J., E. M. Costa-Neto, J. Pino-Moreno, M. S. Cuevas-Correa, J. García-Figueroa & D. H. Zetina.** 2007. Conocimiento de la entomofauna útil en el poblado La Purísima Palmar de Bravo, Estado de Puebla, México. *Biotemas*, 20 (2): 121-134.
- Ramos-Elorduy, J. & J. Pino Moreno.** 1984. Esos deliciosos insectos comestibles. *Revista de Geografía Universal*, 9 (2): 147-160.
- Ramos-Elorduy J, J. M. Pino M. & V. H. Martínez C.** 2008. *Base de datos de los Insectos Comestibles de México*. UNIOBIO-IBUNAM. 78 p.