

EFFECTO DE DIETAS SEMISINTÉTICAS SOBRE EL DESARROLLO Y LA CAPACIDAD REPRODUCTIVA DE *Spodoptera exigua* (Hübner) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EN LABORATORIO

Diana Araceli Isidro-Irene, Samuel Pineda-Guillermo, José Isaac Figueroa de la Rosa, Selene Ramos-Ortiz, Jesús Palma-Castillo y Ana Mabel Martínez-Castillo✉.

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Km. 9.5 carretera Morelia-Zinapécuaro, Tarímbaro, Michoacán, C. P. 58880, México.

Autor de correspondencia: amabel_66@hotmail.com.

RESUMEN. *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) es un insecto polífago de importancia económica a nivel mundial, debido a ello, varias investigaciones han sido enfocadas para desarrollar métodos para su control. Varios de estos métodos deben ser validados con experimentos de laboratorio que necesariamente requieren de la cría artificial del insecto. En el presente estudio se evaluó el efecto de cuatro dietas semi-sintéticas (D1, D2, D3 y D4) sobre el desarrollo y la capacidad reproductiva del *S. exigua* en condiciones de laboratorio. Los resultados mostraron que los pesos promedio de las larvas de tercer, cuarto y quinto estadio tuvieron un patrón muy similar entre tratamientos. Las larvas alimentadas con las dietas D1 y D2 obtuvieron el mayor peso corporal. En contraste, las pupas de *S. exigua* procedentes de larvas que se alimentaron con las dietas D2 (117 ± 1.68 mg) y D3 (122.4 ± 2.75 mg) presentaron los mayores pesos. No se observaron diferencias significativas en los parámetros de fecundidad y fertilidad. Esta investigación brinda una aportación de uso práctico para la cría de *S. exigua*, ya que con todas las dietas se obtuvieron individuos viables y con alta capacidad reproductiva, a pesar de las diferencias observadas entre dietas durante el desarrollo larval.

Palabras clave: Cría masiva, insectos, nutrición, reproducción.

Effect of semi-synthetic diets on the development and reproductive capacity of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in laboratory

ABSTRACT. *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) is a polyphagous insect of economic importance worldwide, due to several investigations have been focused to develop methods for its control. Several of these methods must be validated with laboratory experiments that necessarily require the artificial breeding of the insect. In the present study, the effect of four semi-synthetic diets (D1, D2, D3 and D4) on the development and reproductive capacity of *S. exigua* under laboratory conditions was evaluated. The results showed that the average weights of the third, fourth and fifth instar larvae had a very similar pattern between treatments. Larvae fed with D1 and D2 obtained the highest body weight. In contrast, pupae of *S. exigua* from larvae that were fed diets D2 (117 ± 1.68 mg) and D3 (122.4 ± 2.75 mg) presented the highest weights. No significant differences were observed in fertility and fertility parameters. This research provides a useful contribution for the breeding of *S. exigua*, since with all diets viable individuals with high reproductive capacity were obtained, despite the differences observed between during larval development.

Key words: Massive rearing, insects, nutrition, reproduction.

INTRODUCCIÓN

La tecnología para la cría masiva de insectos es un soporte básico para el desarrollo de nuevas investigaciones que puedan ser aplicadas en programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y, la cría del insecto fitófago, constituye un elemento esencial (Cibrian-Tovar, 1994; Llanderal, 1997; Elvira *et al.*, 2010; Zamora-Avilés *et al.*, 2017). Las dietas merídicas son las más utilizadas para cría masiva de insectos, cuya composición incluye el uso de materiales químicamente definidos y otros no tanto como la caseína, levaduras, sales, etc. (Cibrian-Tovar, 1994; Carson, 2005). En este

tipo se incluyen las dietas semi-sintéticas, las cuales tienen la ventaja de ser más económicas y asequibles.

Por otro lado, los insectos criados masivamente demandan tener un amplio conocimiento de la especie, incluyendo sus hábitos, requerimientos nutricionales y condiciones ambientales para su desarrollo (Claus y Sciocco de Cap, 2001; Hervet *et al.*, 2016). Los requerimientos nutricionales de los insectos constan de fuentes que les provean carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, los cuales son esenciales para todas las rutas metabólicas. Después de su ingestión y absorción, estos nutrientes son transportados a cada tipo de células que constituyen el cuerpo del insecto, donde son usados apropiadamente (Carson, 2005). Los principales factores que influyen en el desarrollo óptimo de crías de insectos son la nutrición y las condiciones ambientales (temperatura, humedad y fotoperiodo) (Bautista *et al.*, 1994; Llanderal, 1997). La nutrición es particularmente importante para la fecundidad de la hembra. Algunos insectos requieren de agua, hidratos de carbono o vitaminas, pero en general, el factor más importante para una adecuada fecundidad son las proteínas (Llanderal, 1997).

Spodoptera exigua (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) es una especie nativa del sureste de Asia y actualmente distribuida en todo el mundo (CAB, 2000). Es una plaga económicamente importante de diferentes cultivos de invernadero y de campo, debido a ello, varias investigaciones han sido enfocadas para desarrollar métodos para su control. El presente estudio tuvo el objetivo de evaluar el efecto de cuatro dietas semi-sintéticas sobre el desarrollo y sobre la capacidad reproductiva de *S. exigua* en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODO

Cría del insecto. Las larvas y adultos de *S. exigua* se confinaron en una cámara de crecimiento marca Lumintell ICP-19 (Biotécnica del Bajío S. A. de C. V., Celaya, Gto.), mismas que se programaron para obtener las siguientes condiciones: 26 ± 2 °C, 65 % de HR y un fotoperiodo de 16:8 (luz: oscuridad). Los adultos se alimentaron con una solución de miel al 15 %. Como sustrato de oviposición se colocó papel de estraza, el cual se reemplazó cada dos días.

Preparación de las dietas. La preparación de las dietas (~ 1 kg) se realizó tomando como antecedente la dieta publicada por Poitout y Bues (1970) (D1) con algunas modificaciones de sus ingredientes por litro: germen de trigo (32 g), levadura de cerveza (34.5 g), metil paraben (1.1 g), agar (10 g), sémola de maíz (128.4 g), ácido benzoico (1.3 g), formol (0.3 ml), ácido ascórbico (4.5 g), antibiótico (3 g) y agua (760 ml). Las tres dietas restantes se prepararon con la incorporación adicional de los siguientes ingredientes: caseína (26 g), colesterol (0.64 g) y harina de soya (50 g) (D2); caseína (26 g) y harina de soya (50 g) (D3); caseína (26 g) y colesterol (0.64 g) (D4).

Efectos de las dietas en el desarrollo y reproducción del insecto.

Desarrollo. Lotes de aproximadamente 200 larvas neonatas de *S. exigua* se mantuvieron confinadas en un recipiente de plástico donde se les colocó tiras de las distintas dietas (D1, D2, D3 y D4) hasta alcanzar el tercer estadio recién mudado. En dicha etapa, 50 larvas de *S. exigua* se tomaron al azar de cada dieta y se pesaron individualmente en una balanza analítica. Con ayuda de un pincel de cerdas finas, cada larva se colocó en un vaso de plástico (35 ml) que contenía ≈ 5 g de dieta en donde continuó su desarrollo. De total de larvas se tomaron al azar lotes de 30 larvas de cada repetición, las cuales se pesaron individualmente después de cada muda. Los pesos de las pupas se registraron individualmente después de cuatro días de su formación. Se realizaron cuatro repeticiones de 50 larvas por cada dieta. Las pupas que se formaron en cada uno de los tratamientos se separaron por sexos para realizar las observaciones de la reproducción.

Reproducción. Una vez que los adultos emergieron de las pupas provenientes de cada dieta, se eligieron al azar dos machos y dos hembras por repetición, formándose en total 12 parejas por dieta. Cada pareja se confinó en un contenedor de unicel de 9 x 8 cm previamente forrado con papel de estraza y provisto con un vial (26 ml) que contenía algodón impregnado con miel de abeja al 15%. Tres días después del apareamiento, los huevos se colectaron diariamente por cada pareja para realizar una estimación del número de huevos. El recuento de los huevos se realizó durante toda la etapa reproductiva de la hembra. La fertilidad de los adultos se evaluó tomando al azar masas de ≈ 100 huevos/hembra, colocándolos en cajas de eclosión. Los huevos utilizados correspondieron a la tercera y cuarta puesta.

Análisis de los datos. Los parámetros de peso medio de larvas de tercer estadio, fecundidad (número de huevos por hembra), fertilidad (% de eclosión), se analizaron mediante un Análisis de Varianza de una sola vía (ANOVA) y comparación de medias mediante la prueba HSD de Tukey ($P < 0.05$). Los pesos medios de larvas de cuarto y quinto estadio y pupas se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis debido a que no se cumplieron los supuestos de la homogeneidad de varianzas. Todos los análisis se realizaron en el paquete estadístico IBM SPSS versión 21(© Copyright IBM Corporation, EUA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de las dietas semi-sintéticas en el desarrollo de *S. exigua*. Las larvas de tercer, cuarto y quinto estadio que se alimentaron con las dietas D1 y D2 tuvieron un peso significativamente mayor (rango entre 50 y 60 %) comparado con las dietas D3 y D4 ($P < 0.003$, para todos los casos) (Fig. 1). Esto posiblemente indica que las dietas elaboradas con mayor proporción de sémola de maíz (128 g/l) (D1) o una con una proporción menor de ésta (78 g/l) pero combinada con caseína, colesterol y soya (D2), aportaron un mayor contenido energético que las dietas elaboradas sin colesterol (D3) y sin harina de soya (D4). La sémola de maíz contiene una importante fuente de carbohidratos (66 %), proteínas (8.3 %) y vitaminas (B7, A, B9 y K), entre otros nutrientes (FUNIBER, 2018a). Posiblemente, además de este aporte nutricional, la sémola de maíz puede actuar como un fago-estimulante por su alto contenido de glúcidos y favorecer con ello su ingestión por parte del insecto. Por otro lado, la harina de soya posee un aporte proteínico (37 %) más alto que la harina de maíz, lo cual pudo contribuir, junto con la caseína y el colesterol, a incrementar el peso corporal de las larvas (FUNIBER, 2019b). En general, el papel del colesterol en dietas para insectos está enfocado no sólo en dar energía, sino también pueden actuar como nutrientes críticos y componentes estructurales de los tejidos (Toivo *et al.*, 2001; Carson, 2005).

En relación a los pesos promedios de pupas de *S. exigua*, éstos fueron significativamente mayores (~ 2 veces) cuando procedieron de las larvas alimentadas con las dietas D2 (117 ± 1.68 mg) y D3 (122.4 ± 2.75 mg), comparados con los obtenidos en las pupas de las dietas D1 y D4 ($P < 0.0001$, para todos los casos) (Fig. 2). No se observaron diferencias significativas entre los pesos de pupas de éstas dos últimas ni entre las dietas D2 y D3. Estos resultados contrastan con la tendencia observada en el peso de las larvas. Posiblemente, el incremento de peso de las pupas fue consecuencia de dos factores: primero) el aporte nutricional acumulado (Llanderal, 1997) y/o segundo) una mayor ganancia de peso en el último estadio larval. Para confirmar estos resultados se requieren otros estudios en donde se implementen otras proporciones de los nutrientes y otros componentes. Otros estudios han registrado pesos menores al presente estudio (94.4 ± 0.9 y 88.7 ± 1.8 mg) cuando dichas pupas procedieron de larvas alimentadas con amaranto, *Amaranthus retroflexus* L., y algodón, *Gossypium hirsutum* L., respectivamente (Greenberg *et al.*, 2001). Estos resultados muestran que una dieta semi-sintética, en la mayoría de los casos, provee mejor nutrición a la larva y por consiguiente se obtienen pupas de mayor peso.

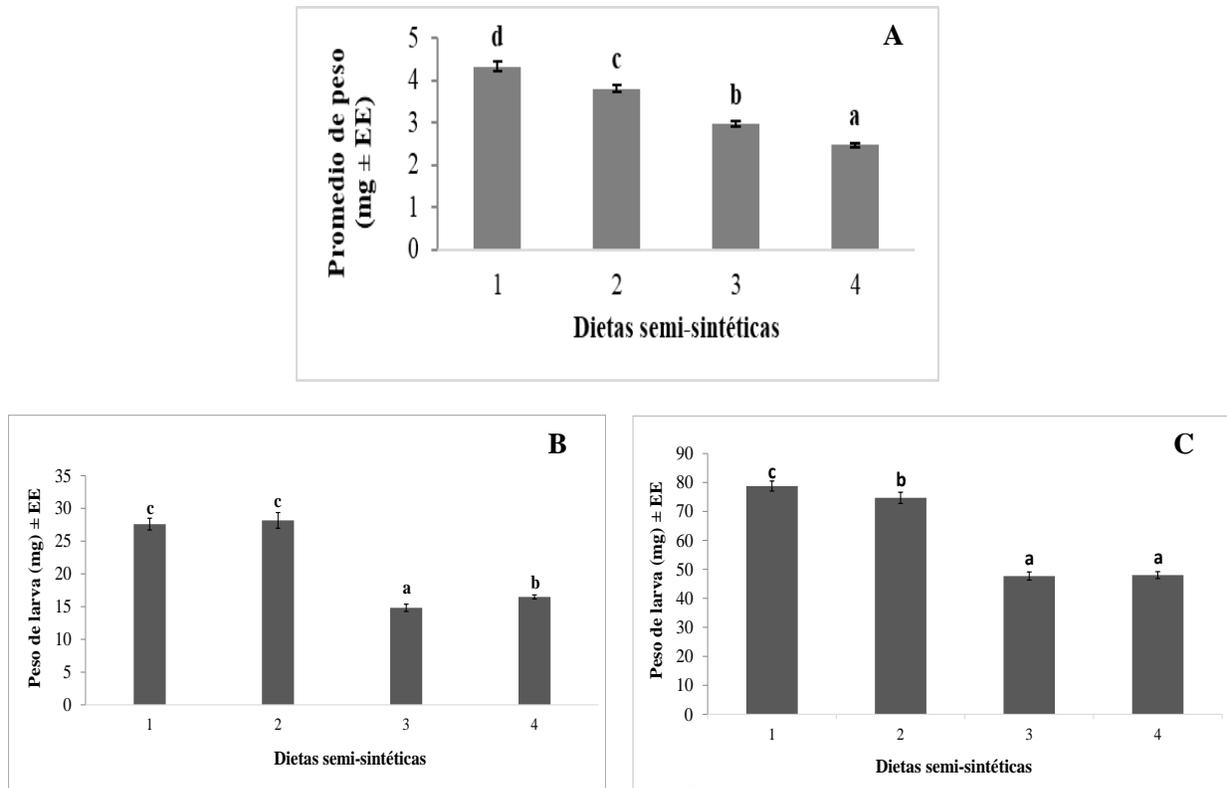


Figura 1. Peso promedio de larvas de tercero (A), cuarto (B) y quinto estadio (C) de *S. exigua* alimentadas con cuatro dietas semi-sintéticas distintas. Columnas encabezadas con letras diferentes muestran diferencias significativas. Prueba de Kruskal-Wallis = 216.31, g.l.= 3, $P < 0.0001$ (tercer estadio); prueba de Kruskal-Wallis = 153.72, g.l.= 3, $P < 0.0001$ (cuarto estadio) y Prueba de Kruskal-Wallis = 216.31, g.l.= 3, $P < 0.0001$ (quinto estadio).

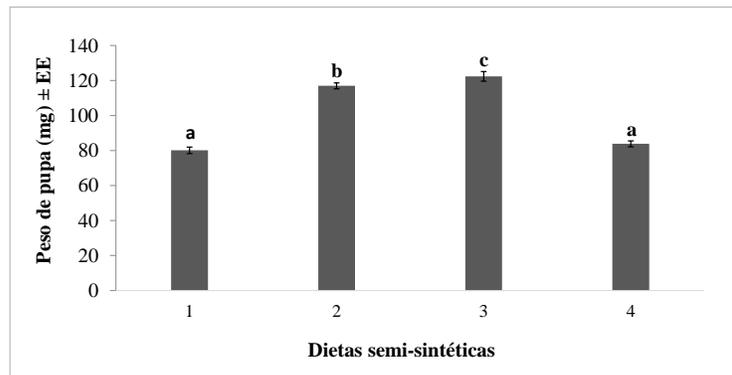


Figura 2. Peso promedio de pupas de *S. exigua* procedentes de larvas alimentadas con cuatro dietas semi-sintéticas distintas. Columnas encabezadas con letras diferentes muestran diferencias significativas. Prueba de Kruskal-Wallis = 237, g.l.= 3, $P < 0.0001$.

En términos económicos es difícil valorar la diferencia entre una dieta-semisintética (~ \$ 60 por litro) (Com. Pers., S. Pineda) y una natural (planta hospedera), ya esta última depende también de su accesibilidad por temporada agrícola. No se observaron diferencias significativas en el promedio total de huevos por hembra y en la fertilidad de los huevos (Cuadro 1). Estos resultados pueden indicar que todos los componentes, en mayor o menor proporción, fueron suficientes para lograr una alta producción de huevos viables. Similarmente, en otros estudios se observó que las hembras

de *S. exigua* fueron capaces de producir en promedio entre 800-1000 huevos y no se observó una influencia por el tipo de dieta (De Jesús Tzintzun, 2018).

Cuadro 1. Número promedio (\pm EE) de huevos por hembra de *S. exigua* provenientes de larvas alimentadas con cuatro diferentes dietas semi-sintéticas.

Dietas	Número de huevos ¹	Porcentaje de eclosión ²
D1	857 \pm 160 a	79.6 \pm 4.6 a
D2	849 \pm 201 a	90.0 \pm 6.7 a
D3	802 \pm 197 a	93.2 \pm 2.0 a
D4	807 \pm 278 a	87.9 \pm 6.0 a

^aLetras iguales dentro de la misma columna, no difieren significativamente (ANOVA, $P < 0.05$). ¹ $F_{3,13} = 0.017$, $P = 0.99$. ² $F_{3,124} = 0.94$, $P = 0.44$.

CONCLUSIONES

Las larvas alimentadas con las dietas D1 y D2 obtuvieron el mayor peso corporal. En contraste, los pesos promedios de pupas de *S. exigua* fueron mayores (~ 2 veces) cuando procedieron de las larvas alimentadas con las dietas D2 y D3. En general, con todas las dietas evaluadas se obtuvieron individuos viables y con alta capacidad reproductiva, a pesar de las diferencias observadas entre dietas durante el desarrollo larval. Este tipo de investigaciones puede además ser útil para la producción masiva de insectos huéspedes que sirven como biofábricas para la producción de distintos patógenos utilizados como alternativa para el control biológico del insecto.

Agradecimientos

A la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el financiamiento del estudio.

Literatura Citada

- Bautista, M. N., Vegar-Cota, G. y J. L. Carrillo-Sánchez. 1994. *Técnicas para la cría de insectos*. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Instituto de Fitosanidad. Montecillo, Estado de México. 186 pp.
- CAB International. 2000. *Crop protection compendium* CD. Global Module 2nd Edition. CAB Internacional, Wallingford, UK.
- Carson, C. A. 2005. *Insect diets: Science and Technology*. Boca Raton, FL: CRC Press. 312 pp.
- Cibrián-Tovar, T. J. 1994. *Factores que influyen en la cría de insectos en condiciones controladas*. Pp. 11–23. In: M. N. Bautista, G. Vegar-Cota y J. L. Carrillo-Sánchez. (Eds.). Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México.
- Claus, D. J. y A. Sciocco de Cap. 2001. Producción masiva de baculovirus. Pp. 260–312. In: P. Caballero, M. López. y T. Williams (Eds.). *Los baculovirus y sus aplicaciones como bioinsecticidas en el control biológico de plagas*. Phytoma, España.
- De Jesús Tzintzun, E. D. 2018. *Optimización de un sistema para la cría de Spodoptera exigua (Hübner) y S. frugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) bajo condiciones de laboratorio*. Tesis de Licenciatura de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. 42 pp.
- Elvira, S., Gorría, N., Muñoz, D., Williams, T. and P. Caballero. (2010). A simplified low-cost diet for rearing *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) and its effect on *S. exigua* nucleopolyhedrovirus production. *Journal of Economic Entomology*, 103(1): 17–24. DOI:10.1603/EC09246.
- Fundación Universitaria Iberoamericana (FUNIBER). 2018a. *Composición nutricional*. Disponible en: <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/HARINA-DE-MAIZI>. (Fecha de consulta. 01-IX-2018).

- Fundación Universitaria Iberoamericana (FUNIBER). 2019b. *Composición nutricional*. Disponible en: <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/HARINA-DE-SOJA-1>. (Fecha de consulta. 01-III- 2019).
- Greenberg, M. S., Sappington, T. W., Legaspi, B. C., Liu, T. X. and M. Sétamou. 2001. Feeding and life history of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on different host plants. *Annals of the Entomological Society of America*, 94: 566-575. DOI: 10.1603/0013-8746(2001)094 [0566:FALHOS] 2.0.CO;2.
- Hervet, V. A., Laird, D. R. A. and K. D. Floate. 2016. A review of the McMorran diet for rearing lepidoptera species with addition of a further 39 species. *Journal of Insect Science*, 16(1): 1–7. <https://doi.org/10.1093/jisesa>.
- Llanderal, C. C. 1997. Introducción a la Fisiología de los Insectos, Colegio de Posgraduados, Montecillo, México. 169 pp.
- Poitout, S., and R. Bues. 1970. E´ levage de plusieurs espe`ces de le´pidopte`res noctuidae sur milieu artiÞciel riche et sur milieu artiÞciel simpliÞe´. *Annales de Zoologie Ecologie Animale*, 2: 79–91.
- Toivo, J., Phillips, K., Lampi, A. M., and V. Piironen, 2001. Determination of sterols in foods: recovery of free, esterified, and glycosidic sterols. *Journal of Food Composition and Analysis*. 14: 631–643. <https://doi.org/10.1006/jfca.2001.1019>.
- Zamora-Avilés, N., Martínez, A. M., Pineda, S., Bravo-Patiño, A., Figueroa, I. and R. Lasa. 2017. Cool-textured diets for use in baculovirus Production. *Biocontrol Science and Technology*. 27(11): 1327–338. <http://dx.doi.org/10.1080/09583157.2017.1397598>.