

Efectos de la ingesta de poliestireno en el desarrollo conductual de *Tenebrio molitor*

Effects of polystyrene ingestion on the behavioral development of *Tenebrio molitor*

Coronel Mendoza Ángel Gabriel¹, Diego Díaz Juan Luis², López Garduño Brenda Paulina³, Linares López César Augusto⁴, Rojas Bedolla Edgar Isaac⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Universidad de Guanajuato, Escuela de Nivel Medio Superior de Moroleón

ag.coronelmendoza@ugto.mx¹, jl.diegodiaz@ugto.mx², bp.lopezgarduno@ugto.mx³, cesar.linares@ugto.mx⁴, ei.rojasbedolla@ugto.mx⁵

Resumen

En este proyecto se estudió el desarrollo conductual del *Tenebrio molitor* alimentado con tres dietas distintas: salvado-harina y manzana (dieta buena), poliestireno y agua (dieta mala) y salvado-harina y manzana más poliestireno (dieta combinada). Se evaluaron conductas relacionadas con la supervivencia, como el instinto de fuga, la aversión a la luz y la preferencia por la oscuridad, así como la facilidad para encontrar alimento en pruebas con obstáculos. Los resultados mostraron diferencias significativas entre individuos alimentados con dieta buena y aquellos con dieta mala o combinada. Estos últimos exhibieron tiempos de respuesta más rápidos en las pruebas conductuales destinadas a medir el instinto de fuga, la fototaxia negativa y la habilidad de resolución de obstáculos de los individuos. Hallazgos que revelan la influencia de la dieta en las conductas de supervivencia de *Tenebrio molitor*.

Palabras clave: poliestireno; supervivencia; conductual.

Introducción

El poliestireno es uno de los polímeros más usados en todo el mundo. Se sabe que este material representa una problemática ambiental ya que es industrializado en gran cantidad y su reciclaje ha sido deficiente incluso. El uso del poliestireno trae consigo diversos conflictos como lo es el cambio de los ecosistemas debido a su toxicidad, problemáticas de salud, contaminación de cuerpos de agua y mediante este mecanismo puede ingresar de manera indirecta a los seres vivos. Por todo lo anterior, se han realizado diversas investigaciones en las cuales se buscan alternativas para la degradación de polímeros¹. Recientemente se ha observado que algunos miembros de la familia Tenebrionidae (escarabajos) como *Zophobas morio*² y *Tenebrio molitor* (figura 1) pueden comer poliestireno³.



¹ Góngora, 2014

² Rodríguez, 2021

³ Jiménez et al., 2019

Figura 1. Adultos (izquierda) y larvas (derecha) de *Tenebrio molitor* alimentándose de poliestireno.

No obstante, los efectos que esta “dieta” pueda tener en el desarrollo de conductas directamente asociadas a la supervivencia de los individuos se desconocen aún. Debido a lo anterior en el presente proyecto se evaluaron conductas relacionadas con la supervivencia de los individuos, como el instinto de fuga, la aversión a la luz y la preferencia por la oscuridad, así como la facilidad para encontrar alimento en pruebas con obstáculos. Las pruebas se llevaron a cabo en tres grupos de individuos con diferentes dietas: dieta buena, dieta mala y dieta combinada.

Metodología

Establecimiento de colonias

Tenebrio molitor se usa como suplemento alimenticio de aves, arácnidos, roedores y reptiles, razón por la cual son comunes las granjas productoras de Tenebrios, de las cuales se obtuvieron larvas y se mantuvieron en recipientes de plástico con una dieta *ad libitum* de salvado y harina de maíz (1:1), y se colocaron trozos de manzana dos veces por semana⁴.

Selección de individuos

En larvas de *T. molitor* existe una correlación entre edad y tamaño, por lo cual se seleccionaron larvas de 2 a 2.5 cm de longitud. En adultos la edad se controló mediante los días después de los cuales emergieron.

Se seleccionaron 600 larvas de *T. molitor* de aproximadamente la misma edad para formar tres grupos de 200 larvas cada uno. El primer grupo fue alimentado con salvado-harina de maíz (1:1) y trozos de manzana (dieta buena), el segundo grupo se alimentó solamente con poliestireno expandido del que se usa en el embalaje de objetos y agua (dieta mala), por último, el tercer grupo tuvo las dos opciones de alimentación (dieta combinada).

Las pruebas se llevaron a cabo en la etapa adulta (del 2do al 4to día de emergido) de los individuos, dada su mayor actividad lo que conllevó a una mejor respuesta de parte de los sujetos. Para lo cual también se separó a los Tenebrios por sexos, para determinar si existe diferencia entre machos y hembras de un mismo grupo y de grupos diferentes.

Pruebas conductuales

Instinto de fuga: En esta prueba se toma al individuo con unas pinzas y se le deja caer dentro de una circunferencia o caja de Petri, simulando la caída del individuo del pico, hocico o garra de un depredador y se procede a medir el tiempo que tarda el individuo en alcanzar el borde de la circunferencia o caja⁵.

Fototaxia negativa: De manera natural los Tenebrios prefieren ambientes oscuros, por lo que se dice que presentan fototaxia negativa⁶. En esta prueba se diseñó una arena dividida en dos secciones, una sección oscura y una iluminada con una lámpara de 900 lúmenes. Se colocó al sujeto en la parte iluminada y se procedió a medir el tiempo que tarda en pasar a la sección oscura⁴.

⁴ Rantala et al., 2002

⁵ DW Documental, 2025

⁶ Eberle et al., 2022

Pruebas con obstáculos: Durante esta prueba se colocó a los sujetos en una arena con obstáculos que le impedían ver de manera directa un trozo de manzana y se procedió a medir el tiempo en el cual llegaron a alimentarse de la manzana⁴.

En cuanto al análisis estadístico de los datos de tiempo de las pruebas conductuales se utilizaron la curtosis y el índice de asimetría para determinar la normalidad de estos. Posteriormente se determinó si existen diferencias significativas entre grupos mediante una prueba t para muestras independientes.

Resultados

Ingesta de poliestireno

Como se observa en la figura 2, durante los 28 días que duró el experimento no sólo quedó evidenciado una vez más que los tenebrios de mala dieta consumen poliestireno, sino que los individuos con acceso a ambas dietas consumen poliestireno pese a contar con un acceso ilimitado a una dieta buena. También se puede apreciar que el consumo de poliestireno por los tenebrios de ambos grupos es mayor durante los primeros cinco días del estudio, aunque ligeramente más rápido en el grupo con acceso a ambas dietas. No obstante, la cantidad de poliestireno continuó disminuyendo a lo largo del estudio en ambos grupos, pero de manera más gradual.

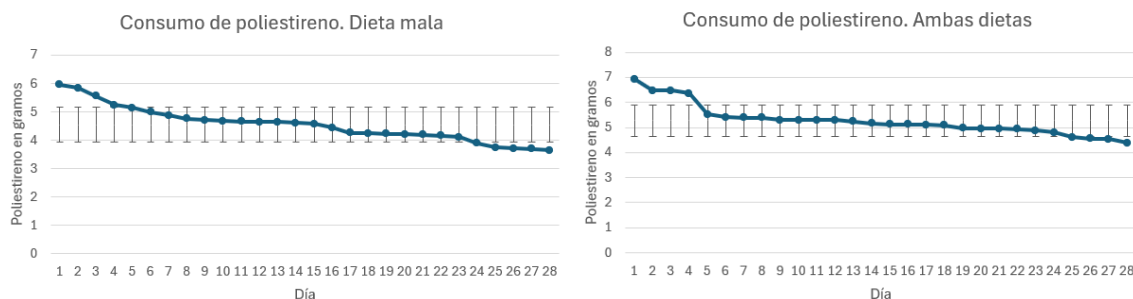


Figura 2. Consumo de poliestireno en los grupos alimentados con dieta mala y ambas dietas.

Instinto de fuga

Los tiempos obtenidos en esta prueba no revelaron diferencias significativas entre los machos y hembras de *T. molitor* en cada uno de los grupos (figura 3). Sin embargo, si se encontraron diferencias significativas ($p=0.038$) entre los tiempos de los machos alimentados con dieta buena y los machos alimentados con dieta mala, a favor de estos últimos. De manera similar, si bien, el número de muestra es menor en los machos que siguieron una dieta mala (21 individuos menos). De momento, los resultados indican que el instinto de fuga está más presente en los individuos con mala dieta. Una explicación puede ser que los individuos con mala dieta están en un estado de mayor estrés o ansiedad, lo que podría provocar respuestas más rápidas ante estímulos amenazantes. Esto no necesariamente indica mejor salud, sino un estado de alerta provocado por deficiencias nutricionales⁷.

⁷ Bour y Kelly, 2024

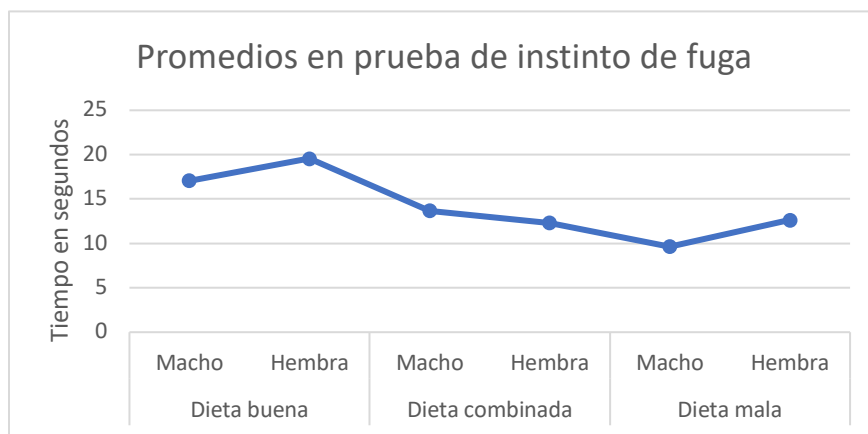


Figura 3. Tiempo promedio en la prueba de instinto de fuga para las tres dietas.

Fototaxia

De nueva cuenta no existieron diferencias significativas entre los machos y hembras de *T. molitor* que tuvieron un mismo tipo de dieta. No obstante, existieron diferencias significativas entre los machos y hembras alimentados con dieta buena y los machos ($p= 0.009$) y hembras ($p= 0.032$) alimentados con dieta mala, a favor de estos últimos y entre los machos de dieta combinada y buena a favor de los primeros ($p= 0.004$) (figura 4). Nuevamente, puede ser que los individuos con mala dieta están en un estado de mayor estrés o ansiedad, lo que podría provocar respuestas más rápidas ante estímulos amenazantes.

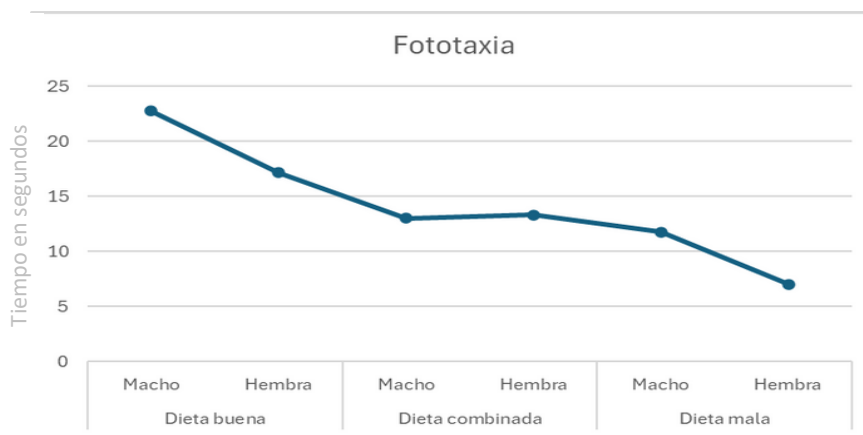


Figura 4. Tiempo promedio en la prueba de fototaxia para las tres dietas.

Pruebas con obstáculos

En cuanto a los tiempos de los diferentes grupos de *Tenebrio* en las pruebas con obstáculos, tampoco se observaron diferencias entre los machos y hembras de un mismo grupo. Pero si se evidenciaron diferencias significativas ($p= 0.008$) entre las hembras alimentadas con una dieta buena y las hembras alimentadas con una dieta combinada (figura 5). En este caso, pudiera argumentarse que al nunca haber conocido la recompensa (manzana) hasta la prueba, los individuos alimentados con dieta mala se hallaban en desventaja al no conocer ese tipo de alimento. Mientras que las hembras en la dieta combinada también podían tener un ligero estrés nutricional dado que se observó que consumen poliestireno aun cuando tuvieron acceso a una dieta buena ilimitada.

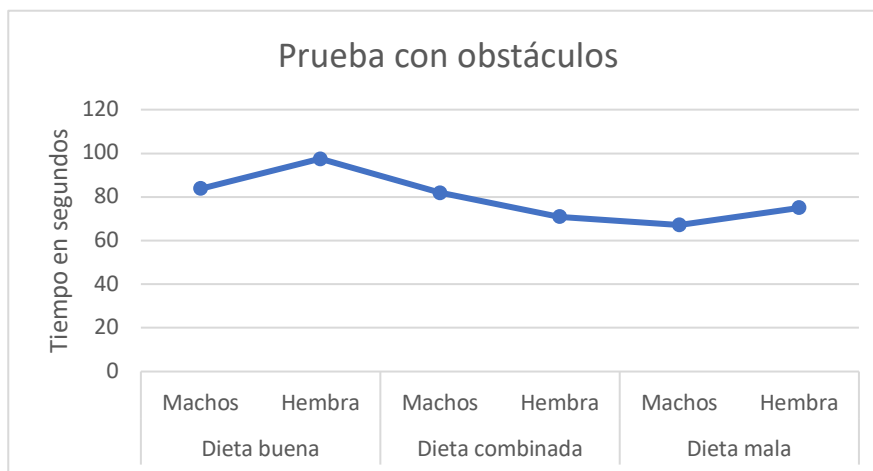


Figura 5. Tiempo promedio en las pruebas con obstáculos para las tres dietas.

Discusión

Los resultados confirmaron que *T. molitor* consume poliestireno tanto bajo una dieta deficiente como cuando tiene acceso a una dieta nutritiva, coincidiendo con lo reportado por Yang et al.⁸ y Brandon et al.⁹, quienes documentaron que los tenebrios mantienen este consumo incluso en presencia de otros alimentos. El mayor consumo en los primeros días del ensayo sugiere una fase de adaptación inicial, seguida de una ingesta más gradual.

En las pruebas de fuga y fototaxia no se observaron diferencias entre sexos dentro de cada grupo, lo que concuerda con estudios que señalan que la locomoción en insectos depende más del estado fisiológico que del sexo¹⁰. Sin embargo, los individuos con dieta deficiente mostraron tiempos de respuesta más rápidos, lo que podría reflejar un estado de alerta asociado al estrés nutricional¹¹. Este tipo de respuestas, lejos de indicar mejor condición, sugieren una estrategia adaptativa ante deficiencias.

En la prueba de obstáculos se observaron diferencias entre hembras con dieta buena y combinada, lo que sugiere que el acceso simultáneo a poliestireno y a una dieta nutritiva puede generar compensaciones dietéticas subóptimas¹², afectando el desempeño. En conjunto, los resultados muestran que la dieta influye no sólo en el consumo de poliestireno, sino también en las respuestas conductuales, probablemente moduladas por estrés o ansiedad derivados de deficiencias nutricionales.

Conclusiones

Los resultados del experimento mostraron que *Tenebrio molitor* es capaz de consumir poliestireno incluso cuando tiene acceso ilimitado a una dieta nutricionalmente adecuada, lo que refuerza su potencial como organismo capaz de degradar este material. A nivel conductual, no se encontraron diferencias significativas entre machos y hembras dentro de cada tipo de dieta, lo que sugiere que el sexo no influye en las conductas evaluadas bajo estas condiciones. Sin embargo, sí se identificaron diferencias significativas entre individuos alimentados con dieta buena y aquellos con dieta mala o combinada, los cuales mostraron tiempos de

⁸ Yang et al., 2015

⁹ Brandon et al., 2018

¹⁰ Nowak y Chown, 2021

¹¹ Adamo, 2012

¹² Simpson y Raubenheimer, 2012

respuesta más rápidos en las pruebas de instinto de fuga, fototaxia y resolución de obstáculos. Esta mayor reactividad puede estar asociada a un estado de mayor estrés o ansiedad provocado por deficiencias nutricionales, lo que genera una activación conductual más intensa ante estímulos amenazantes o novedosos. En particular, las hembras con dieta combinada mostraron una ventaja en la prueba de obstáculos frente a las alimentadas sólo con dieta buena, lo que sugiere un posible impacto del estrés nutricional leve en la conducta exploratoria o de búsqueda de alimento. En conjunto, los datos evidencian una influencia del tipo de dieta en las respuestas conductuales, aunque no necesariamente como un indicador de mejor salud o adaptación.

Bibliografía/Referencias

- Góngora, J.P. (2014). El reciclaje en México. 25-02-2018, de Comercio exterior Sitio web: http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/757/2/reciclaje_mexico.pdf
- Rodríguez, A. (2021). *Biodegradación de espumas plásticas por larvas de insectos: ¿una estrategia sustentable?* scielo.
- Jiménez J.A.T., Murillo Z.Y.I., Ortiz L.J., Pérez R.L.D., Linares L.C.A. (2019). Caracterización Morfológica de *Tenebrio molitor* Alimentado con Poliestireno. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3016>
- Rantala MJ, Jokinen I, Kortet R, Vainikka A, Suhonen J: Do pheromones reveal immunocompetence?. *Proc R Soc Lond B* 2002, 269,1681-1685.
- DW Documental. (2025, Febrero 20). La asombrosa inteligencia de los abejorros, las avispas y otros insectos | DW Documental [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=58cHRv_yvDU
- Eberle S, Schaden LM, Tintner J, Stauffer C, Schebeck M. (2022). Effect of Temperature and Photoperiod on Development, Survival, and Growth Rate of Mealworms, *Tenebrio molitor*. *Insects*. 2022 Mar 24;13(4):321. doi: 10.3390/insects13040321. PMID: 35447763; PMCID: PMC9029539.
- Bour, A., & Kelly, C. D. (2024). Sickness behaviour and the effect of sex, age, and immune status on individual behavioural variation in *Tenebrio molitor*. *PloS one*, 19(12), e0316085.
- Yang, Y., Yang, J., Wu, W. M., Zhao, J., Song, Y., Gao, L., ... & Jiang, L. (2015). Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: Part 1. Chemical and physical characterization and isotopic tests. *Environmental science & technology*, 49(20), 12080-12086.
- Brandon, A. M., Yang, S. S., Flanagan, J. C. A., Yang, J., Ning, D., Cai, S. Y., ... & Wu, W. M. (2018). Biodegradation of polystyrene wastes in yellow mealworms (larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus): Factors affecting biodegradation rates and the ability of polystyrene-fed larvae to complete their life cycle. *Chemosphere*, 191, 979-989.
- Nowak, K. S., Chown, S. L. (2021). Sex differences in stress responses in insects: An overlooked dimension. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 647.
- Adamo, S. A. (2012). The effects of stress hormones on immune function in insects. *Advances in Insect Physiology*, 42, 1-112.
- Simpson, S. J., Raubenheimer, D. (2012). *The Nature of Nutrition: A Unifying Framework from Animal Adaptation to Human Obesity*. Princeton University Press.