

INTERACCIONES DE LA MARIPOSA MONARCA EN LA CAÑADA EHÉCATL, SIERRA DE GUADALUPE

Humberta Gloria Calyecac-Cortero¹✉, Andrés Miranda-Rangel¹, Leonardo Roberto Flores-Pérez¹ y Luis Javier Dávila-Mata²

¹Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, C.P. 56230.

²Universidad Autónoma del Estado de México, Benjamín Aguilar Talavera 1, Las Vegas, Texcoco, Edo. Méx. C. P. 56180.

✉ Autor de correspondencia: hcalyecac@yahoo.com

RESUMEN. En la Cañada Ehécatl se encuentran cuatro plantas de la familia Apocynaceae las cuales tienen una relación de alimentación muy estrecha con *Danaus plexippus*, además de un protozoario y un díptero que dañan a esta mariposa. El objetivo del presente trabajo fue explicar las interacciones de estos organismos. *Funastrum elegans* y *Asclepias linaria* son especies nativas, mientras que *A. curassavica* y *A. physocarpa* son especies introducidas. Con el incremento de las poblaciones de sus plantas hospederas, creció la población local de *D. plexippus*; sin embargo, también se incrementó la mortandad de esta mariposa, identificando al protozoario *Ophryocystis elektroscirrha* y al endoparásito *Lespesia archippivora* como los principales responsables. El parasitismo de *L. archippivora* sobre *D. plexippus* fue mayor en las larvas en comparación con las pupas ($P = 0.0002$, $n = 70$). El parasitismo de *L. archippivora* en las larvas del 4° y 5° estadio de *D. plexippus* fue estadísticamente distinto entre las larvas desarrollándose en las cuatro especies de plantas nutricias, siendo mayor en aquellas recolectadas en *A. curassavica* ($P < 0.0001$, $n = 50$). Respecto al parasitismo de *O. elektroscirrha* en adultos de *D. plexippus*, se observó un incremento en los adultos de *D. plexippus* muestreados en 2018 en comparación con 2017, presentando diferencia estadística ($P = 0.0005$, $n = 100$).

Palabras clave: *Danaus plexippus*, Apocynaceae, herbivoría y parasitismo.

Interactions of the monarch butterfly in the Cañada Ehécatl, Sierra de Guadalupe

ABSTRACT. In the Cañada Ehécatl are found four plants of the *Apocynaceae* family which have a very close feeding relationship with *Danaus plexippus*, as well as a protozoan and a diptera that damage this butterfly. The objective of the present work is to explain the interactions of these organisms. *Funastrum elegans* and *Asclepias linaria* are native species, while *A. curassavica* and *A. physocarpa* are introduced species. The increase of their host plants population resulted in a growth of the monarch population; however, the butterfly mortality rate also increased, where the protozoan *Ophryocystis elektroscirrha* and endoparasite *Lespesia archippivora* were identified as the main responsible organisms damaging the monarch local population. *L. archippivora* parasitism on *D. plexippus* was greater on larvae than on pupae ($P = 0.0002$, $n = 70$). *L. archippivora* parasitism on *D. plexippus* larvae in the fourth and fifth stadium was statistically dissimilar among larvae developing in the four species of nutritious plants, being greater on those collected from *A. curassavica* ($P < 0.0001$, $n = 50$). Concerning the parasitism of *O. elektroscirrha* on *D. plexippus* adults, an increase was found in the number of *D. plexippus* sampled in the year 2018 in comparison to 2017, resulting in a statistical difference ($P = 0.0005$, $n = 100$).

Key words: *Danaus plexippus*, Apocynaceae, herbivory and parasitism.

INTRODUCCIÓN

La Mariposa Monarca (MM) *Danaus plexippus* L. 1758 es la mariposa más conocida en el mundo y uno de los insectos más estudiados (Golderoft, 2014), lo cual ha contribuido de forma significativa al avance de la teoría ecológica (Fernández y Jordano, 2009) y al estudio de sus migraciones (Oberhauser y Solensky, 2004). Existen registros de poblaciones no migratorias (Zhan *et al.*, 2014), en México se reportan en nueve estados (Vidal y Rendón, 2014), aunque se desconoce la interacción con las MM migratorias (Zalucky y Clarke, 2004). Una de estas poblaciones no migratorias se encuentra en la Cañada Ehécatl, en el municipio de Ecatepec, Estado de México y

es parte de la Sierra de Guadalupe ubicada en el centro de la Cuenca de México (Cedillo *et al.*, 2007). La Sierra de Guadalupe abarca parte de la alcaldía Gustavo A. Madero al norte de la Ciudad de México y los municipios Tultitlán, Tlalnepantla, Coacalco y Ecatepec del Estado de México (García *et al.*, 2018). La MM tiene una relación muy estrecha con las plantas del género *Asclepias* (Trigo, 2000), su distribución está muy relacionada con éstas (Fernández y Jordano, 2009) de las que toman su alimento y sustancias que la protegen contra la depredación y el parasitismo (Oberhauser *et al.*, 2006). Con el incremento de las poblaciones de las plantas nutricias se incrementa la población de la mariposa monarca, pero también se incrementa el parasitismo, y por lo tanto la mortalidad de la MM (Cortez-Madrigal *et al.*, 2014). Por lo anteriormente descrito, el objetivo del presente trabajo fue explicar las interacciones de esta mariposa con sus plantas nutricias, un parásito y un parasitoide, que se desarrollan en la Cañada Ehécatl en la Sierra de Guadalupe.

MATERIALES Y MÉTODO

Se identificaron a los organismos causantes de la mortandad de *D. plexippus* en la Cañada Ehecatl, para lo cual se tomaron muestras de las escamas abdominales en la región ventral de diez adultos, para lo cual se utilizó cinta adhesiva transparente. La cinta adhesiva con las escamas se colocó en un portaobjetos para su posterior revisión al microscopio y verificación de la presencia del protozooario. Este muestreo se realizó cada 15 días, de marzo a noviembre de 2017 y de marzo a noviembre de 2018. También se recolectaron larvas del 3° al 5° estadio y pupas de MM con signos de afectaciones, los cuales se manifestaron en las larvas como inmovilidad y cuerpo más oscuro de lo normal, mientras que en las pupas se observó deshidratación y manchas negras en diferentes áreas del cuerpo. Los organismos se llevaron al Laboratorio de Relaciones Multitróficas del Área de Biología de la Universidad Autónoma Chapingo, se colocaron en contenedores cilíndricos de plástico con capacidad de 500 ml, y las larvas se alimentaron con la misma especie de la planta en que se encontraron. Estos contenedores se mantuvieron en una incubadora N-Biotek® modelo NB-201C a 24 °C hasta la emergencia del adulto de *D. plexippus* o, en su defecto, la emergencia del parasitoide. Las recolectas se realizaron cada 15 días, de abril a octubre de 2017. De abril a octubre de 2018, cada 15 días se registró el número de larvas que se encontraron sobre las cuatro apocináceas presentes en la Cañada Ehécatl y se recolectaron de manera aleatoria tres larvas del 4° y/o 5° estadio por cada apocinácea. El manejo de estos organismos fue similar al realizado con las larvas recolectadas en 2017. Los datos del número de larvas por planta y de los parásitos en larvas pupas y adultos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Cañada Ehécatl se encuentran *Asclepias linaria* Cav. y *Funastrum elegans* (Decne.) Schltr. ambas especies están reportadas para la SG (Fernández-Nava y Arreguín-Sánchez, 2007). En 2015 la Dirección de Ecología del H. Ayuntamiento de Ecatepec encabezó una campaña de plantación de *A. currasavica* L. para proveer alimento, refugio y sitios de oviposición a la MM, por lo que en la Cañada Ehécatl se introdujeron plantas de esta especie; posteriormente, en 2017 se introdujo a *A. physocarpa* (E. Mey.) Schlechterson 1896 con la misma finalidad. Es importante estar pendiente en el desarrollo de estas dos últimas especies, ya que se han reportado que algunas plantas introducidas que en un principio se consideraban inocuas, terminan por ser un problema (Shodji y Erlich, 2010), debido a que pueden ocasionar el desplazamiento de especies nativas (Tscharnetke y Hawkins, 2008).

En los adultos de MM se encontró al protozooario *Ophryocystis elektroscirrha* McLaughlin y Myers (Apicomplexa: Neogregaridinae), éste reduce la supervivencia de la larva y la duración de su ciclo de vida (Altizer y Oberhauser, 1999). Se observó un incremento en el promedio del parasitismo en 2018 (17.14 %) respecto al año anterior (10.00 %), presentando diferencias estadísticas ($P = 0.0011$, $n = 140$).

En 2017 se observó que las larvas y las pupas de MM estaban siendo dañadas por el endoparásito *Lespesia archippivora* (Riley) (Diptera: Tachinidae), que parasita a 13 familias de Lepidoptera y es el principal parasitoide de *D. plexippus* (Etchegaray y Nishida, 1975). Se han reportado a las avispas del género *Trichogramma* como parasitoides de los huevecillos de MM (Cortez-Madrigal *et al.*, 2014) y a *Pteromalus cassotis* en pupas (Stennoin *et al.*, 2015), además de varios depredadores como arácnidos, hemípteros, coccinélidos, mántidos (Prysby, 2004; Oberhauser *et al.*, 2015) y odonatos (White y Sexton, 1989). Se tuvo diferencia estadística ($P = 0.0002$, $n = 70$) entre el porcentaje de parasitismo de las larvas y pupas con signos de enfermedad. Se encontraron más larvas del 4° estadio que presentaron signos de daño; sin embargo, las larvas del 5° estadio fueron las más parasitadas, ambos estadios tuvieron el mismo número de *L. archippivora* (Cuadro 1), esto concuerda con lo reportado por Oberhauser y Solensky (2004).

Cuadro 1. Parasitismo de *Lespesia archippivora* en *Danaus plexippus* en 2017.

Estadio	Con signos de daño	Parasitadas	Parasitismo (%)	No de <i>L. archippivora</i> por MM		
				Mínimo	Máximo	Moda
L3	10	2	20	1	1	1
L4	31	10	32.26	1	8	3
L5	29	16	55.17	1	8	3
Total	70	28	66.67 A			
Pupas	42	12	28.57 B	1	3	1

Promedios seguidos por la misma letra no tienen diferencia entre sí (Tukey, $P > 0.05$), $n = 70$.

En 2018 se tuvo diferencia estadística ($P < 0.0001$, $n = 70$) en el promedio de larvas de *D. plexippus* presentes en tres de las cuatro especies de plantas de Apocynaceae en la Cañada Ehécatl, ya que en las plantas de *F. elegans* no se encontraron larvas (Fig. 1). *A. curassavica* presentó el promedio máximo de larvas (1.29), seguida de *A. physocarpa* (1.07) y de *A. linaria* (0.31).

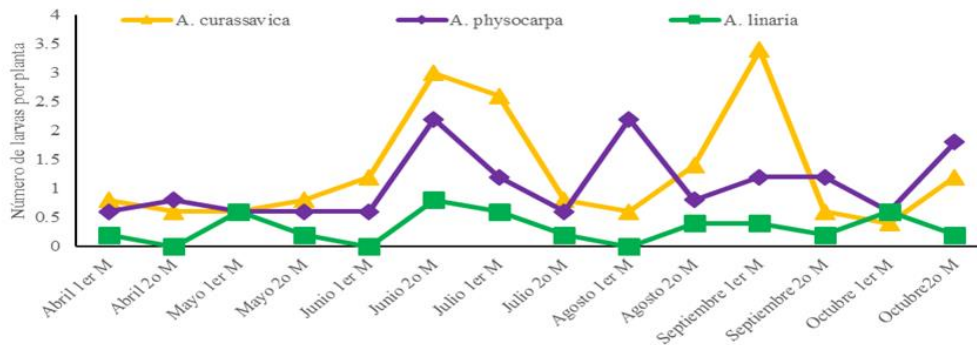


Figura 1. Larvas de *Danaus plexippus* en sus plantas hospederas presentes en la Cañada Ehécatl.

Etchegaray y Nishida (1975) reportaron que el parasitismo de *L. archippivora* en MM está directamente relacionado con la abundancia de las larvas de *D. plexippus*. También se ha reportado que los cardenólidos son metabolitos secundarios presentes en las *Asclepias* que pueden ser usados

por *D. plexippus* como defensa química (Trigo, 2000), pero también hay algunos otros que juegan un papel importante en la síntesis de feromonas, como el alcaloide pirrolizidina (Rothschild y Marsh, 1978).

Oberhauser y colaboradores (2006) encontraron que existen diferencia entre el parasitismo de *L. archippivora* en larvas que se alimentan en tres especies distintas de *Asclepias*, las cuales presentan niveles variables de cardenólidos. Comparando estos resultados con el presente estudio (Cuadro 2) hay una coincidencia en una sola especie, *A. curassavica*, aunque es necesario revisar el contenido de cardenólidos en *A. linaria* y *A. physocarpa* para corroborar que el parasitismo estadísticamente igual entre las tres especies en estudio ($P = 0.22$, $n = 42$) está relacionado con el nivel de contenido de los metabolitos secundarios. No solo el nivel de cardenólidos de la planta tiene que ver con la protección química, también se ha reportado que el almacenamiento de estos compuestos en larvas es más eficiente en aquellas que se alimentan en ciertas plantas nutricias que en otras (Rothschild y Marsh, 1978), también se ha reportado que el secuestro de cardenólidos aumenta cuando se crían larvas de MM en dietas con niveles crecientes de éstos compuestos llegando a un nivel de saturación; sin embargo, existe cierta especificidad y selectividad del secuestro en *A. curassavica* y *A. linaria* (Petschenka y Agrawal, 2015).

Cuadro 2. Parasitismo de *Lespesia archippivora* en *Danaus plexippus* en 2018.

Apocynaceae	Larvas recolectadas	Larvas parasitadas	Parasitismo (%)				Adultos		
			Neto	Promedio	Mínimo	Máximo	Total	Sin OeCon Oe	
<i>A. curassavica</i>	35	14	40	2.71 A	1	10	38	0	4
<i>A. physocarpa</i>	34	12	35.29	2.50 A	1	10	30	4	8
<i>A. linaria</i>	15	5	26.67	2.80 A	1	7	14	0	3

Promedios seguidos por la misma letra no tienen diferencia entre sí (Tukey, $P > 0.05$), $n = 70$.

El número de larvas de *L. archippivora* por larva de *D. plexippus* fue mayor en aquellas que se alimentaron con *A. curassavica* presentando un total de 38 larvas del tachínido y un máximo de diez larvas de éste por larva de MM. Oberhauser (2012) reporta que *D. plexippus* puede ser parasitada hasta por 12 larvas y que cuando la MM tiene solo a un huevo del parasitoide la posibilidad de sobrevivencia de *D. plexippus* es del 50 % y ésta decrece dramáticamente con el incremento del número de huevos y larvas del tachínido.

En las últimas dos columnas del Cuadro 2 puede observarse el número de *D. plexippus* que sobrevivieron y llegaron a la etapa adulta, la mayor sobrevivencia se tuvo en las MM cuyas larvas se alimentaron de *A. physocarpa*; sin embargo, la gran mayoría de éstos estaba parasitada con *O. elektroscirra*, en comparación con aquellas larvas que se alimentaron de *A. curassavica* y *A. linaria* que presentaron 100 % de presencia del protozoario, al respecto se ha reportado la prevalencia del parásitos de un 80 % en las poblaciones no migratorias en el sur de Florida y Hawai (Altizer *et al.*, 2000). En el trabajo reportado por Altizer y colaboradores (2001) cepas de *O. elektroscirra* no tienen diferencial de virulencia; más bien, la variación en cuanto al porcentaje de parasitismo puede explicarse mejor por la selección resultante de las diferencias en la migración ya que la migración de larga distancia está asociada con una mayor resistencia del huésped y una menor virulencia de parásitos en las poblaciones de MM.

CONCLUSION

En la Cañada Ehécatl se encuentran cuatro especies de plantas nutricias de la MM, las cuales pertenecen a la familia Apocynaceae. Se encontró el protozoario *O. elektroshirra*, parasitando a la población local de *D. plexippus*, registrándose un incremento de parasitismo en 2018 respecto

al 2017. Contribuyendo al daño de estas poblaciones locales de MM se encontró al parasitoide *L. archippivora* que presentó mayor incidencia en larvas de 4° y 5° estadio en comparación con el estado pupal. Se observó que no existe diferencia en el porcentaje de parasitismo del parasitoide *L. archippivora* entre las larvas de MM que se alimentan de las *Asclepias* presentes en la Cañada Ehécatl.

Literatura Citada

- Altizer, S. and K. Oberhauser. 1999. Effects of the protozoan parasite, *Ophryocystis elektroscirrha*, on the fitness of monarch butterflies (*Danaus plexippus*). *Journal of Invertebrate Pathology*, 74(1): 76–88. DOI: [10.1006/jipa.1999.4853](https://doi.org/10.1006/jipa.1999.4853).
- Altizer, S. M., Oberhauser, K. S. and L. P. Brower. 2000. Associations between host migration and the prevalence of a protozoan parasite in natural populations of monarch butterflies. *Ecological Entomology*, 25(2): 125–139. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2000.00246.x>.
- Altizer, S. M. 2001. Migratory behaviour and host-parasite co-evolution in natural populations of monarch butterflies infected with a protozoan parasite. *Evolutionary Ecology Research*, 3(4): 611–632.
- Cedillo, A. O. L., Rivas, S. M. A. y C. F. N. Rodríguez. 2007. El Área Natural Protegida sujeta a conservación ecológica “Sierra de Guadalupe”. *Revista Sistemas Ambientales*, 1(1): 1–14.
- Cortez-Madrigal, H., García-González, F. y A. Guzmán Larralde. 2014. Conservado la mariposa monarca (*Danaus plexippus* L.), conservado enemigos naturales de plagas. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20(3): 247–253. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.05.022>.
- Etchegaray, J. B. and T. Nishida. 1975. Biology of *Lespesia archippivora* (Diptera: Tachinidae) *Proceedings Hawaiian Entomology Society*, 22(1): 41–49.
- Fernández, H. J. y D. Jordano. 2009. La mariposa monarca *Danaus plexippus* (L. 1758) en el Estrecho de Bibraltar (Lepidoptera: Danaidae). *Revista de Lepidopterología*, 37(148): 421–438.
- Fernández-Nava, R. E y M. de la L. Arreguín-Sánchez. 2007. Sinopsis de la flora del Valle de México. Pp. 199-229. In: I. Luna, J. J. Morrone y D. Espinosa (Eds.). *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. UNAM, México.
- García-S., M. A., Escobedo-A., N., Aguilar-C., J., Monroy-L., H. y L. Ortega P. 2018. *La Sierra de Guadalupe Tonantzin Cuautlique*. Centro de Estudios Mesoamericanos A. C. Naucalpan, Estado de México. 169 pp.
- Golderoft, H. 2014. *Monarch Butterfly. Migration, Facts, Life Cycle, What Do They Eat, Habitat, Anatomy, Breeding, Milkweed, Predators*. Smashwords Edition. California, 37 pp.
- Oberhauser, K. 2012. Tachinid flies and monarch butterflies: citizen scientist document parasitism patterns over broad spatial and temporal scales. *American Entomologist*, 58(1): 19–22. <https://doi.org/10.1093/ae/58.1.0019>.
- Oberhauser, K. S. and M. J. Solensky. 2004. *The Monarch Butterfly. Biology and conservation*. Cornell University Press. London, 248 pp.
- Oberhauser, K. S., Gebhard, I., Cameron, C. and S. Oberhauser. 2006. Parasitism of monarch butterflies (*Danaus plexippus*) by *Lespesia archippivora* (Diptera: Tachinidae). *The American Midland Naturalist*, 157(2): 312-328. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(2007\)157\[312:POMBDP\]2.0.CO;O](https://doi.org/10.1674/0003-0031(2007)157[312:POMBDP]2.0.CO;O).
- Oberhauser, K. S., Anderson, M., Anderson, S., Cadwell, W., De Anda, A., Hunter, M., Kaiser, M. and M. J. Solensky. 2015. Lacewings, wasp and flies--oh my: insects enemies take a bite out monarchs. In: K. S. Oberhauser, K. R. Nail and S. M. Altizer (Eds.). *Monarcha in a Changing World: Biology and Conservation of an Iconic Insect*. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Petschenka, G. and A. A. Agrawal. 2015. Milkweed butterfly resistance to plant toxins is linked to sequestration, not coping with a toxic diet. *Proceedings the Royal Society Publishing*, B: 282: 20151865. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1865>.
- Prysbly, M. D. 2004. Natural enemies and survival of monarch eggs and larvae. Pp 27–38. In: K. S. Oberhauser and M. L. Solensky (Eds.). *The monarch butterfly: Biology and Conservation*. Cornell University Press. Ithaca, NY.

- Sodhi, N. S. and P. R. Ehrlich. 2010. *Conservation Biology for All*. Oxford University Press. Oxford. 360 pp.
- Stennoin, C., McCoshum, S., Caldwell, W., De Anda, A. and K. Obberhauser. 2015. New reports that monarch butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae, *Danaus plexippus* Linnaeus) are host for a pupal parasitoid (Hymenoptera: Chalcidoidea, *Pteromalus cassotis* Wolker). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 88(1): 16–26. DOI:10.2317/JKES1402.22.1.
- Rothschild, M. and N. Marsh. 1978. Some peculiar aspects of *Danaid*/plant relationships. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 24(3): 637–650. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1978.tb02828.x>.
- Trigo, J. R. 2000. The Chemistry of antipredator defense by secondary compounds in neotropical Lepidoptera: facts, perspectives and caveats. *Journal of Brazilian Chemical Society*, 11(6): 551–561. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-50532000000600002>.
- Tscharntke, T. and B. A. Hawkins. 2008. *Multitrophic Level Interactions*. Cambridge University Press. NY, 274 pp.
- Vidal, O. and S. E. Rendón. 2014. Dynamics and trends of overwintering colonies of the monarch butterfly in Mexico. *Biological Conservation*, 180(1): 165–175. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.09.041>.
- White, D. S. and O. J. Sexton. 1989. The monarch butterfly (Lepidoptera: Danainae) as prey for the dragonfly *Hagenius brevistylus* (Odonata: Gomphidae). *Entomological News*, 100(3): 129–132.
- Zalucky, M. P. and A. R. Clarke. 2004. Monarchs across the Pacific: the Columbus hypothesis revisited. *Biological Journal of the Linnean Society*, 82(1): 111–121. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8312.2004.00322.x>.
- Zhan, S., Zhang, W., Niitepold, K., Hsu, J., Fernández H., J., Zalacki, N. P., Altizer, S., Roode, J. C., Reppert, S. M. and M. R. Kramsforst. 2014. The genetics of monarch butterfly migration and warning coloration. *Nature*, Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nature13812>. (Fecha de consulta 22-I-2019).