

Mariposas atractivas... y peligrosas



ALEJANDRA HERNÁNDEZ VALENCIA

Alejandra Hernández-Valencia, Dulce Rodríguez-Morales y Jorge Éufrates Morales-Mávil

Resumen: No siempre hay que fiarse de los colores vistosos de los animales; a veces conviene interpretarlos como señal de alerta; así ocurre con diversas mariposas que asimilan los compuestos tóxicos ingeridos al nutrirse de las plantas, y esto les confiere ventajas frente a sus depredadores. Incluso han desarrollado estrategias para evitar intoxicarse, como buscar vegetación con menos sustancias dañinas; aun así, hay implicaciones. Además, las mariposas cuentan con un sistema visual que ayuda a su sobrevivencia, lo cual también confirma que conocer la historia natural de las especies permite reconocer los comportamientos que modulan la interacción entre depredadores y presas, y viceversa.

Palabras clave: lepidópteros, toxicidad, depredación, estrategias de sobrevivencia, ecología visual.

Maayat'aan (maya): Jats'uts péepeno'ob... yéetel sajbe'entsilo'ob

Kóom ts'íibil meyaj: Ma' mantats' chéen k'a'abet k ilik u jak'a'an óol boonil jejeláas ba'alche'ob; yaan k'iine' k'a'ana'an k na'atike' jump'éeel chíikul táak u ye'esik to'on k'a'abet k kanáantikekbáaj, je'elbix u yúuchul yéetel ya'abach péepeno'ob ku k'amik tu wíinkilo'ob k'aas ts'aak wáaj le k'ajóola'an beey compuesto tóxico ku jantiko'ob le kéen u tseentuba'ob yéetel wíiwo'ob, le je'elo'oba' ku yáantik u tokikuba'ob ti' ba'alche'ob jantiko'ob. Bey xan, ti'al ma' u kíimilo'ob yéetele', ts'o'ok u kaxtiko'ob ba'ax u meento'ob, je'elbix u kaxtik u jantiko'ob xíiwo'ob ma' ya'ab u k'aas ts'aakil wáaj veneno; ba'ale' kex beya' ku meentik k'aas. Jach sáasil u yich le peepeno'obo' leti' túun áantik u kanáantik u kuxtalo'ob. K k'ajóoltik bix suukil u kuxtal jejeláas ch'í'ibalil ba'alche'ob wáaj yik'elo'obe' ku yáantik k na'atik bix u péek wáaj u máan ba'alche'ob ku jantik u wíinkilal u jeel ba'alche' yéetel bix xan u péek ba'alche'ob ku janta'al.

Áantaj t'aano'ob: lepidópteros, toxicidad, ba'alche' ku jantik u jeel ba'alche', kanáanil ti'al kuxtal, ecología visual.

Bats'i k'op (tsotsil): T'ujum pepenetik...pe oy xchopolil

Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Bak'intik tojalak'sba li chonbolometike, pe bak'intike oy xchopolil ti sk'an ta jk'el jbatik yu'une, oy jchop pepenetik slajes vomoletik ti stak'xtal jchameltik yu'une, pe lek ta stukik yu'un ti xu' ta spoj sbaik ta yantik chonetike jti'vanejetike. Svanta mu xljaj li pepenetike ta sa'ik sve'elik ta yantik vomoletik bu mu tojepuk li xchopolile; ak'o mi te o no'ox oy un jutuk staik xchopolil. Li pepenetike te kuxajtik ja'ti tojlek sbek'satik xilik no'ox mi oy yan chonetik xti'vanike. Yojtikinel k'u yela kuxajtik li chonbolometike ta xak'butik ta ilel k'u yelanil ta spoj sbaik mu xljajik ta ti'el ta yantik chonetik.

Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun: lepidópteros, toxicidad, depredación, sa'bel smelol k'uxi xu' kuxajtik o, ecología visual.

Aunque la belleza es una categoría muy subjetiva, y no podríamos aventurarnos a calificar a las mariposas como los insectos más bellos, sí habría que decir que son unos de los más atractivos. En general frágiles y aparentemente inofensivas, con sus colores brillantes envían mensajes de alerta a sus depredadores —entre otras utilidades de su colorido—, avisando que acercárseles implica riesgo. La mariposa monarca (*Danaus plexippus*), por ejemplo, provoca náuseas e inclusive vómito a los animales que intentan comérsela, como las aves. Y en cuanto a las orugas, que constituyen la fase larvaria de estos insectos, las que tienen apariencia de peluche producen dolor, irritación intensa y lesiones en la piel de aquellos con quienes tengan contacto. ¿En dónde está el origen de tan formidable defensa?

Las mariposas en sus estados de oruga y adulto adquieren y generan algunos compuestos químicos llamados toxinas, los cuales provienen de las plantas, su fuente primaria de alimentación. Esos compuestos son tan importantes para diversas especies de mariposas, que en general son los animales invertebrados con la mayor capacidad de asimilar toxinas para defenderse de sus depredadores.

Los costos de la sobrevivencia

Las mariposas son insectos que pertenecen al orden de los lepidópteros, junto con las llamadas polillas o mariposas nocturnas. Son muy conocidas sus transformaciones o metamorfosis: huevo, larva, pupa y adulto o imago. Como base de su alimentación, succionan nutrientes de las plantas con ayuda de su larga "lengua", que mantienen enrollada. Habitan en prácticamente todo el mundo, con excepción de la Antártida.

Como ya mencionamos, muchas de ellas son vistosas, con colores como el negro, naranja, amarillo o rojo, los cuales comúnmente se ligan a la acumulación de toxinas en su organismo y es algo fundamental para su sobrevivencia. No obstante, el químico estadounidense Keith Spalding Brown Jr., en un estudio realizado en 1984, demostró que esto requiere de sacrificios: las mariposas cuyos organismos concentran mayores cantidades, suelen ser las más pequeñas y con menor tiempo de vida, en comparación con aquellas que no adquieren toxinas. Por ello, en muchas ocasiones buscan nutrirse de plantas que contengan menos compuestos tóxicos para evitar la saturación en sus cuerpos, o bien, consumen solo pequeñas cantidades o eliminan las sustancias mediante procesos metabólicos.

Es notorio entonces que las mariposas pagan un alto costo para volverse peligrosas, y por tal razón algunas prefieren el engaño y adoptan una apariencia parecida a las que sí son tóxicas (mimetismo batesiano). Así, al tener coloraciones similares pueden burlar a los depredadores. Tenemos el caso de la mariposa monarca que sí presenta toxinas, pero lo interesante es que existen otras especies que no son tóxicas, como la virrey y la mariposa reina (*Limnitis archippus* y *Danaus gillippus*, respectivamente), cuyos colores son muy similares a los de la monarca y de esta forma, al habitar en el mismo ambiente, logran evitar que sus depredadores las consuman.

Las sustancias tóxicas que utilizan los organismos como defensa corresponden a compuestos químicos conocidos como metabolitos secundarios, los cuales se agrupan en fenoles, alcaloides y terpenos. Por supuesto que no todos se presentan juntos en las mariposas, más bien cada especie desarrolla uno en particular; por ejemplo, las mariposas de cristal (*Gretta oto*) asimilan alcaloides. Sin embargo, hay ocasiones en que puede haber hasta dos clases de metabolitos en el mismo organismo, como sucede en las mariposas monarca y las

del grupo de los heliconidos, que almacenan simultáneamente glucósidos cardíacos (sustancias azucaradas que incrementan las contracciones cardíacas) y alcaloides.

Se ha evidenciado que la toxicidad de estas criaturas aladas depende de múltiples factores que abarcan tanto la especie, edad y sexo, como el tipo de planta del que se nutren y las condiciones ambientales. En tal sentido, desde su primer estadio de vida, es decir, el de huevo, la monarca presenta glucósidos cianogénicos (sustancias que liberan cianuro) y los transfiere a su siguiente fase de larva. En contraste, mariposas como las de cristal adquieren su protección química al aparearse durante su estado adulto, protección que pasa de machos a hembras; entonces, las hembras que no se hayan apareado carecen de los compuestos protectores. También hay otras mariposas que pueden ser tóxicas y peligrosas en un estadio de su desarrollo, pero no en otros. Así por ejemplo, las del género *Saucrobotys*, al inicio de su fase de larva presentan coloraciones discretas y huyen de las arañas y otros animales de riesgo para ellas. No obstante, cuando las orugas están por pupar ostentan colores de alerta y ya no huyen.

Aprender a discriminar toxinas toma tiempo

La importancia de que algunas mariposas dispongan de esta estrategia química radica en que pueden evitar que depredadores, como hormigas, aves, arañas y lagartos, las ataquen menos en comparación con las que no cuentan con la capacidad de asimilar toxinas. En la década de 1990, el zoólogo Alan Masters, de la Universidad de Florida, reportó que algunas arañas tejedoras prefieren desenredar a las mariposas tóxicas de sus redes y dejarlas escapar. Asimismo, en 2017, el biólogo alemán Dietrich Mebs junto con su grupo de trabajo de la Universidad Goethe de Fráncfort, Alemania, evidenciaron que cuando las mantis religiosas se alimentaban de orugas tóxicas, les separaban los intestinos, porque estos contenían el material ve-



Figura 1. Mariposa monarca con tonalidades llamativas que indican la asimilación de sustancias tóxicas.

getal con toxinas, mientras que a las orugas no tóxicas las devoraron por completo.

Repeler organismos dañinos se logra a través del tiempo, lo que significa que los depredadores van aprendiendo con la experiencia. Un grupo de científicos liderado por Eva Landová, zoóloga de la Universidad de Charles en Praga, República Checa, querían

saber cuál era la importancia del aprendizaje en las aves para evitar comerse animales de especies aposemáticas, es decir, las que muestran colores de advertencia de toxicidad o mal sabor. Estos investigadores descubrieron que es necesario que haya más de tres encuentros para que las aves aprendan a asociar las coloraciones vistosas con la toxicidad; mientras tanto deben sufrir vómitos y náuseas.

Entonces, dado que no cuentan con colmillos, garras o aguijones, las toxinas son un mecanismo de defensa para diversas especies, aunque en general tienen otro as bajo la manga: su sistema visual. En la Universidad Veracruzana investigamos el papel que este juega tanto en las mariposas tóxicas como en las no tóxicas para detectar depredadores, como las arañas y lagartos presentes en las flores, las cuales les sirven como sitio de alimentación o forrajeo¹ en común.

Para ello, construimos modelos de los depredadores con espuma moldeable de colores, por ejemplo, el verde, el marrón y el

¹ Conductas para conseguir alimento que incluyen búsqueda, exploración, selección y manipulación.



Figura 2. Mariposa de cristal libando en las inflorescencias de *Lantana camara*.



Figura 3. Varias especies del género *Heliconius* han desarrollado patrones vistosos para advertir a sus depredadores acerca de su mal sabor.



Figura 4. Mariposa monarca en estado de larva posada sobre las hojas de una planta de la familia Apocynaceae.

negro, y los colocamos en las hojas pegadas a las inflorescencias de una planta conocida como cinco negritos (*Lantana camara*), para observar si la diferencia de color (contraste) entre los depredadores y el follaje de fondo modificaba el comportamiento de forrajeo de las mariposas. Encontramos que suelen sobrevolar el sitio para evadir el peligro cuando los colores de los depredadores contrastan mucho con el follaje de la planta. Pero si hay mayor similitud de color entre uno y otro, como el verde, las mariposas sobrevolaban menos y aumentaban las visitas a la flor, pues les resultaba más difícil identificar el elemento de peligro.

Con estos resultados concluimos que el sistema visual de las mariposas, sin importar su capacidad de asimilación de sustancias tóxicas, es importante en la toma de decisiones respecto a su actividad de forrajeo y a los riesgos de depredación. De hecho, son uno de los grupos más singulares del planeta, ya que poseen un sistema visual tetracromático (cuatro canales para percibir el color), es decir, que han desarrollado fotorreceptores para el verde, azul, rojo y ultravioleta, lo cual les permite percibir colores que no vemos los humanos.

Este breve recorrido por parte de la historia natural de las mariposas nos muestra que no debemos subestimarlas, sino más bien reflexionar acerca de los procesos biológicos y evolutivos que las han hecho muy atractivas, junto con su capacidad visual y una estrategia defensiva que vuelve tóxicas a muchas. ¡Sus depredadores deberán pensarlo bien antes de comérselas! 🦋

Bibliografía

- Brown, K. S. (1984). Adult-obtained pyrrolizidine alkaloids defend ithomiine butterflies against a spider predator. *Nature*, 309(5970), 707-709.
- Gonzalez-Karlsson, A., y Grether, G. F. (2021). Trade-off mediated by pyrrolizidine alkaloids predicts alternative reproductive tactics in ithomiine butterflies. *Ecological Entomology*, 46(5), 1113-1117.
- Landová, E., Hotová Svádová, K., Fuchs, R., Štys, P., y Exnerová, A. (2017). The effect of social learning on avoidance of aposematic prey in juvenile great tits (*Parus major*). *Animal Cognition*, 20(5), 855-866.

Alejandra Hernández-Valencia es estudiante en la Universidad Veracruzana (México) | alejaherva@gmail.com | <https://orcid.org/0009-0004-8490-2243>

Dulce Rodríguez-Morales es investigadora de la Universidad Veracruzana (México) | dulcrodriguez@uv.mx | <https://orcid.org/0000-0002-0269-8540>

Jorge Éufrates Morales-Mávila es académico de la Universidad Veracruzana (México) | jormorales@uv.mx | <https://orcid.org/0000-0001-9577-0777>