



Introducción

“Si la naturaleza fuera banco, ya la habrían salvado”

E. Galeano¹

Un halo de misticismo ha envuelto a las mariposas a lo largo de la historia. En la América antigua, se creía que eran almas de guerreros caídos en combate que regresaban a la tierra para embellecer la vida, e inclusive que eran las Hijas del Sol y el símbolo del amor². Algunos grupos amazónicos creen que son hadas aladas que viven en el bosque.

Estos pequeños animales han provocado la admiración de la sociedad desde épocas inmemorables, e incluso cautivaron a varios exploradores que visitaron Sudamérica en el siglo XIX, como Alfred Wallace y Charles Darwin. Han inspirado el desarrollo de algunas de sus teorías evolutivas como la selección sexual y el mimetismo. La inspiración a cruzado las fronteras de la ciencia y han sido musas para escritores como Nabokov, quien escribía sus novelas mientras colectaba mariposas: ellas están presentes en todos sus escritos y la mayor parte de Lolita fue escrita mientras las perseguía³. A pesar de esta fascinación generalizada, los insectos como las mariposas han sido aún poco estudiados, incluso siendo uno de los grupos más diversos: se estima que existen de 4-6 millones de especies de insectos, y el 80% aún no han sido descritas por la ciencia⁴.

Este libro mostrará la inigualable belleza de algunas hadas del Yasuní, lugar que alberga un estimado de 1 200-1 400 especies de mariposas, riqueza muy similar a la que se encuentra en Manaos, un bosque Amazónico del Perú que tiene el récord mundial de diversidad de mariposas⁵. Esta increíble diversidad se refleja en el hecho de que en un sólo día en el bos-

que lluvioso de Sudamérica como el Yasuní se pueden observar más especies de mariposas que durante toda una vida en zonas templadas como Estados Unidos o Francia⁶. Las investigaciones sobre mariposas aún son escasas en el Ecuador, razón por la que no se puede aún tener estimados más precisos sobre su diversidad. Este libro, con sus fotografías y textos, pretende motivar y proveer información base para futuras investigaciones. Además, el libro pretende contar la historia detrás de sus colores y formas, las amenazas que las acechan y su importancia para mantener a la naturaleza saludable. En conjunto, el libro podría explicar al lector porqué han creado tanta fascinación a lo largo de la historia hasta nuestros días, y cómo, a pesar de ser seres pequeños y a veces desapercibidos, pueden ayudar al desarrollo de economías rurales y la conservación. Los números escritos como superíndices a lo largo del texto indican la fuente bibliográfica de donde se obtuvo la información; referirse a las últimas páginas de este libro para revisar la lista de fuentes.

¿Qué es lo que se considera el grupo de las ‘mariposas’ en este libro? Todos los insectos están clasificados en grupos denominados órdenes. Las mariposas pertenecen al orden Lepidoptera, que en griego significa ‘alas con escamas’⁷. Su nombre hace referencia a que son el único orden de insectos que tienen estas estructuras en las alas y que serán, en la mayoría de casos, las que produzcan el color en las mariposas⁸. Sin embargo, existe otra subdivisión dentro de Lepidoptera: Rhopalocera y Heterocera. Las mariposas consideradas en este libro pertenecen al suborden Rhopalocera, grupo que abarca

especies que sólo están activas en el día y reposan en la noche. El término Rhopalocera hace referencia a una característica adicional: las antenas tienen un ensanchamiento hacia el final, aspecto que no está presente en las especies de Heterocera. A este último grupo, Heterocera, pertenecen las denominadas polillas, animales muy similares a las mariposas, pero su mayor actividad se produce en la noche. En general, éstas presentan colores oscuros (aunque algunas tienen colores llamativos) y sus antenas pueden tener formas diversas como plumas o filamentos⁸. A nivel mundial, la diversidad de polillas es muy superior a la de mariposas, ya que por cada especie de mariposa se estima existen al menos 7-8 especies de polillas^{9,10}.

Hay 6 familias de mariposas: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, Riodinidae, Lycaenidae y Hesperidae¹¹. La última sección de este libro contiene una guía fotográfica para 344 especies, a penas una parte de la diversidad total de mariposas del Yasuní, y que representan a las 3 primeras familias de mariposas.

Este libro se ha negado a limitarse a hablar de las hadas del Yasuní, principalmente porque este bosque ecuatoriano es un santuario de diversidad biológica, pero también de diversidad cultural que ha enfrentado diversas amenazas desde el siglo anterior. El Yasuní alberga a los grupos indígenas ancestrales Tagaeri-Taromenani, que están en peligro de exterminio debido a la larga lucha desigual, defendiéndose con sus lanzas, mientras han sido apuntados con escopetas. No son grupos que se han aislado de forma voluntaria u ocultos, como se los llama, más bien han sido acorralados y ocultados¹².

No sólo ellos están en crisis, también todo el ecosistema donde habitan. Salvaguardar nuestro legado natural no es un privilegio como se lo pinta, sino un derecho nuestro y de las futuras generaciones.

El valor intrínseco de los ecosistemas naturales, como suficiente razón para conservar este legado, ha sido inutilizado como argumento en nuestros países. De esta forma, en este libro ha surgido la necesidad de hablar de la estrecha relación

entre la naturaleza y nuestra propia supervivencia, en especial ahora, por la decisión de continuar la explotación dentro del Yasuní, dejando a un lado la propuesta Yasuní-ITT, una iniciativa innovadora que planteaba que los países que más contaminan aporten con más fondos para la solución del cambio climático.

La naturaleza presta servicios indispensables para el soporte de la vida, y que en gran medida son incommensurables: ¿cómo medir el sentido de identidad que provee nuestra diversidad cultural y biológica como ecuatorianos? ¿cómo poner precio al sufrimiento de madres que ven morir a sus hijos con cáncer por la contaminación de petróleo? Sin embargo, dada la coyuntura actual, ha sido necesario mostrar datos de lo cuantificable, como se hizo para calcular el monto a pagar por Chevron-Texaco en el juicio que los indígenas ecuatorianos iniciarían por la contaminación que produjo en la Amazonía. El libro, con el afán de clarificar y ejemplificar a los más escépticos sobre las graves implicaciones para el desarrollo humano de las tasas de deforestación y degradación ambiental que enfrentamos, presenta datos sobre la valoración de algunos servicios que la naturaleza provee. Esta información ha sido útil en algunos países para tomar decisiones más certeras e incluir de alguna forma los ‘pasivos ambientales’¹³ que el Ecuador aún se niega a considerar en su camino hacia el desarrollo. El libro también aclara que muchos mecanismos, derivados de esta lógica, se han convertido en una fuente de lucro adicional, en vez de una solución real para los problemas ambientales, un categórico ejemplo son los mercados de carbono. Nuestros mecanismos de desarrollo deben repensarse para garantizar el bienestar humano a largo plazo, promoviendo sociedades más justas y equitativas.

El libro no es un análisis exhaustivo, más bien un grano de arena que pretende contribuir al debate, sacando a la luz a un grupo aún poco estudiado, las mariposas, pero que van volando a la par que denuncian la desaparición de sus otros compañeros de vida: los árboles, los ríos, los Tagaeri-Taromenani.







Vida e historia natural de las mariposas



“Ay mariposa, tú eres el alma de los guerreros que aman y cantan”
S. Rodríguez

Las mariposas son insectos increíblemente coloridos que adoptan varias formas durante su desarrollo. A diferencia de otros insectos comunes en nuestro diario vivir, como los saltamontes y las cigarras, las mariposas durante su ciclo vital atraviesan cambios asombrosos en su forma y comportamiento, conocido como metamorfosis completa. Su ciclo de vida abarca cuatro diferentes estadios: huevo, larva, pupa y adulto (Fig. 1), todos lucen estructuras y formas completamente diferentes y tienen funciones específicas¹⁴.

Ciclo de vida: desde un huevo nacen las hadas aladas

1. Larvas

Esta fase es la segunda en el ciclo de vida de las mariposas. El primer estadio es un huevo diminuto a partir del cual nace una larva en forma de gusano. La función principal del estadio larvario literalmente consiste en “comer y evitar ser comido”, ya que almacenan reservas alimenticias para el último estadio, las mariposas con alas^{15,16}. Por esta acumulación de alimento, las larvas son una reserva sustanciosa de nutrientes que cualquier enemigo natural, como las aves, quiere aprovechar.

(Fig. 1)

Las mariposas durante su desarrollo atraviesan cambios asombrosos en su forma y comportamiento, conocido como metamorfosis completa. Su ciclo de vida abarca cuatro estadios: huevo, larva (a), pupa (b) y adulto (c).



Las larvas se alimentan de hojas

Las larvas están provistas de fuertes mandíbulas que les permiten masticar y se alimentan principalmente de hojas (denominadas plantas hospederas), aunque algunas pueden alimentarse de hongos, o larvas de otros insectos¹⁷. A diferencia de lo que generalmente se cree, muchas especies de mariposas son monófagas o especialistas: se alimentan únicamente de un grupo restringido de especies de plantas. Por otro lado, las larvas polífagas o generalistas se alimentan de una gran variedad de especies de plantas^{18,19}. Curiosamente en países como el nuestro, donde existen lugares megadiversos como el Yasuní (alrededor de 1 200-1 400 especies de mariposas conviven), hay mayor número de mariposas especialistas en comparación con zonas menos diversas como en los bosques de Estados Unidos. Posiblemente, es este grado de especialización en ciertos recursos alimenticios lo que ha permitido que tantas especies cohabiten en bosques tropicales como el Yasuní²⁰.

Pero cómo encuentran en un bosque como el Yasuní, donde habitan cientos de especies de plantas, las hojas preferidas. Las mariposas adultas hembras son las responsables de depositar el huevo en la planta indicada utilizando diferentes pistas, por ejemplo la forma de las hojas²¹. Para confirmar la identidad de la plantas, las mariposas utilizan olores específicos. El comportamiento asociado consiste en volar y aterrizar en diferentes plantas para “olfatearlas” con sus patas y enseguida emprender el vuelo nuevamente: permanecerán sólo en las plantas que son el alimento específico para las larvas y depositarán ahí sus huevos.

¿Quiénes son sus enemigos naturales?

Las mariposas tienen enemigos naturales que las depredan o eventualmente las llevan a la muerte, estas especies pueden ser depredadores o parasitoides. Los depredadores son especies que matan mariposas (cualquier estadio ya sea huevo, larva, pupa o adulto) y que para poder abastecerse necesitan capturar más de un individuo¹⁸. Los depredadores comunes de las larvas son las aves, monos, ratones, lagartijas y algunos insectos como los mántidos¹⁸. Por otro lado, los parasitoides son especies que se desarrollan dentro de la mariposa, devorándola lentamente desde el interior y eventualmente matándola. Algunos ejemplos típicos de parasitoides de larvas de mariposas son las avispas y algunas moscas¹⁸. Los parasitoides son una causa importante de mortalidad, incluso para los huevos²².

¿Cómo se defienden?

Las estrategias de defensas pueden ser físicas, químicas o comportamentales. En el primer caso, las larvas de mariposas pueden presentar diferentes estructuras en su superficie, como pelos urticantes o espinas⁸. En el caso de las especies de Papilionidae existe una estructura justo atrás de la cabeza denominada osmeterium que secreta olores fuertes para ahuyentar parasitoides como las avispas y las moscas parasíticas¹⁸. Increíblemente, se ha propuesto que las mariposas madre medican a sus crías para evitar que les ataquen microorganismos parecidos a las amebas, los protozoarios²³. El procedimiento no es como en el caso de los humanos, ya que no existe cuidado parental en las mariposas. Lo que ocurre es que la mariposa madre deja sus huevos en plantas que contengan alto contenido de sustancias tóxicas, de tal forma que las larvas al salir de sus huevos pueden adquirir protección química contra protozoarios a través de su alimentación. Este asombroso fenómeno se llama medicación terapéutica transgeneracional²³.

Hormigas protectoras

Las mariposas han formado simbiosis con las hormigas, asociación denominada mirmecofilia. Las hormigas protegen a las larvas de mariposas de depredadores y parasitoides; a cambio, las larvas producen secreciones ricas en nutrientes que las hormigas absorben con avidez^{24,25}. Estas sustancias son producidas en órganos especializados, más interesante aún es que las larvas han desarrollado otros mecanismos para mantener la atención de las hormigas. Son capaces de generar llamadas con unas estructuras en la cabeza y el tórax que se asemejan a un güiro (el instrumento tropical típico de grupos salseros)¹⁴, incluso producen químicos que modifican el comportamiento de las hormigas y las pone a la defensiva²⁶. Para algunas especies de mariposas, esta relación con las hormigas es indispensable para sobrevivir (relación obligatoria), en otros casos puede ser facultativa; es decir, la larva puede desarrollarse aunque las hormigas no la protejan²⁷. En conjunto, las larvas de las mariposas convencen a las hormigas de cuidarlas con comida, música y olores. En este caso, las dos especies, mariposas y hormigas, son beneficiadas siendo un ejemplo de mutualismo.

En otros casos, las larvas de mariposas se aprovechan de ciertas hormigas para que les den de comer y acojan en su nido: lo logran haciéndoles creer que son sus propias crías. Las larvas de mariposas

emiten olores que mimetizan los olores de las hormigas²⁸. Además, se ven y actúan como si fueran hormigas, lo que hace que el engaño sea perfecto. Las hormigas no reciben ningún beneficio de la mariposa, al contrario las larvas pueden ser carnívoras que se alimentan de las crías de hormigas²⁹, así que esta se consideraría una relación parasítica³⁰. También ocurre que las hormigas les alimentan boca a boca³¹. Más increíble aún, la larva de la mariposa puede permanecer en el nido de las hormigas por cerca de 2 años, tiempo que dura su desarrollo hasta convertirse en pupa y eclosionar como mariposa con alas³².

Desarrollo de las larvas

El crecimiento de las larvas toman algunos días o meses dependiendo de la especie de mariposa, y generalmente las especies más grandes (mayor envergadura alar o mayor tamaño del cuerpo) se demoran más. Cuando la larva alcanza un peso y tamaño adecuado pasa a la siguiente fase convirtiéndose en pupa. En esta fase están totalmente inmóviles y son fuertemente defendidas por una coraza externa. Durante este estadio, las mariposas desarrollan las estructuras típicas del adulto, como las alas, las patas alargadas y la conocida lengua de las mariposas, llamada espiritrompa. Cuando el desarrollo de las estructuras de una mariposa adulta se ha completado, las mariposas salen de su coraza y llegan al último estadio de vida, el adulto o las mariposas con alas.

2. Mariposas con alas

Una característica única de las mariposas y las polillas es la presencia de una lengua denominada espiritrompa⁸. En los adultos, la presencia de esta estructura indica una característica muy interesante: ya no se alimentan de sólidos ni pueden masticar como en la fase larvaria, únicamente pueden absorber líquidos. La lengua de las mariposas tiene un canal interno por donde el líquido pasa de la fuente alimenticia hacia el insecto, y su nombre se debe a la forma espiralada que adopta cuando la mariposa no está alimentándose, pero cuando desea sustraer líquidos la lengua se estira totalmente a manera de sorbete. Otra característica única de las mariposas es la presencia de estructuras en las alas, denominadas escamas, responsables de los asombrosos colores de la mayoría de mariposas⁸.

2.1 Las mariposas huelen con las patas

Las mariposas miran a través de un par de ojos compuestos localizados en sus cabezas. Este tipo de ojos está ampliamente distribuido en los insectos y consisten en una agrupación de cientos a miles de ojos individuales. Por otro lado, las mariposas huelen con sus antenas y asimismo con sus patas. Las antenas son estructuras como filamentos que se estiran por atrás de sus ojos. Estas estructuras también sirven como un tipo de brújula para guiarse en viajes de cientos de miles de kilómetros³³. El ejemplo más claro de este fenómeno es la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) conocida a nivel mundial por la migración anual que hace desde Alaska hasta México para escapar del frío extremo del norte en invierno³⁴ (¡y lo hace sin pasaporte!).

En cuanto a la visión, las mariposas tienen el espectro más amplio de todo el reino animal, pueden ver desde el ultravioleta (UV) hasta el color rojo!³⁴ Otra particularidad de estos insectos es que escuchan con las alas, mediante una estructura especial en la base de las mismas⁸.

2.2 Solo absorben, no mastican

Se alimentan principalmente del néctar de las flores, pero también de otros sustratos que les proveen de azúcar y otros nutrientes como savia de árboles, lodo, frutas en descomposición, heces e incluso de carroña -¿Quién se imaginaría que semejantes criaturas con una belleza inigualable andan en busca de animales muertos para chuparles sus fluidos putrefactos?³⁵. Sin embargo, la mayoría de especies de mariposas tienen una dieta especializada en el néctar floral, mientras que otras pueden alimentarse de frutas y/o carroña^{36,37}.

Un punto interesante es que las mariposas localizan sus flores preferidas utilizando el color, el olor y la forma de las flores como pistas³⁸. Por ejemplo, el azul es preferido por varias especies, mientras que especies de Papilionidae y Pieridae prefieren el púrpura, y el amarillo es atractivo para Nymphalidae y Pieridae (fotos de estas especies se pueden ver en la sección final del libro)³⁸.

El néctar de las flores contienen una concentración alta de azúcares, pero también proveen aminoácidos (estructuras que forman las proteínas),^{15,16} aunque en bajas proporciones³⁹. Todos los animales requerimos proteínas para sobrevivir, y estos requerimien-

tos son complejos: de los 20 aminoácidos existentes, 9 (denominados esenciales) no pueden ser sintetizados por nosotros mismos, sino que necesariamente tienen que ser obtenidos del alimento⁴⁰. Particularmente para las especies que se alimentan de néctar floral es un reto nutricional obtener los aminoácidos requeridos para funciones vitales como la reproducción, aunque la mayoría de aminoácidos esenciales son obtenidos de la planta hospedera durante el estadio larvario³⁹.

Estrategias para conseguir proteínas escasas

Las mariposas han desarrollado algunas estrategias para enfrentar la escasez de proteínas. Por ejemplo, las especies del género *Heliconius* se alimentan del polen de las flores (pequeños granos diminutos que sirven para la reproducción de las plantas) para obtener aminoácidos (particularmente esenciales) indispensables para la producción de huevos³⁹. No pueden masticar, y el mecanismo por el cual logran absorber nutrientes es uno más sorprendente. Al igual que todas las mariposas, *Heliconius* sólo puede absorber líquidos; sin embargo, es capaz de frotar repetidamente su lengua contra las flores, haciendo que los diminutos granos de polen se peguen y formen una masa. Enseguida esta masa es mezclada con un líquido exudado de su lengua, y agitada por varias horas⁴⁰. Eventualmente, el polen libera sus nutrientes que son absorbidos a través de la lengua de la mariposa!⁴¹

Los nutrientes que adquieren del polen les permiten a las especies de *Heliconius* producir aproximadamente 1 000 huevos durante toda su vida, en comparación a 70-350 huevos que puede producir una mariposa que no se alimenta de polen⁴². También esto es posible porque las hembras, quienes producen los huevos, son capaces de coleccionar más polen que los machos, y su capacidad de recolección aumenta con la edad⁴³. El polen además les permite vivir más tiempo. De hecho, las especies de *Heliconius* son más longevas: viven aproximadamente 6 meses⁴¹.

Las sales son escasas también

El néctar de las flores y las frutas tienen alto contenido de azúcar, pero su contenido de sales es bajo, por lo que las mariposas requieren fuentes adicionales para abastecerse. Por esta razón, es común ver congregaciones de mariposas en charcos de agua y barro en

las carreteras, a orillas de ríos o bordes de bosque: están absorbiendo con su lengua sales disueltas (Fig. 2)^{44,45}. Este comportamiento se llama “puddling” en inglés, cuya traducción podría ser “charqueando”: todo es válido en la naturaleza para sobrevivir. Este comportamiento también les permite obtener aminoácidos⁴⁴, y es más frecuente en machos, que necesitan obtener grandes cantidades de proteínas para dar regalos nupciales a las hembras luego de la cópula (ver más adelante que son estos fabulosos regalos)⁴⁵.

2.3 ¿Por qué las alas de las mariposas tienen tantos colores y formas?

Tal vez lo más asombroso de las mariposas es la gran diversidad de colores y formas de sus alas. Los colores de las alas se producen por pigmentación, un proceso que involucra la presencia de sustan-

(Fig. 2)

Las mariposas necesitan sales, por eso es común verlas ‘absorbiendo’ agua a orillas de ríos o incluso fluidos de los ojos de tortugas!





cias con estructuras químicas que absorben la luz⁴⁶. Estos pigmentos se distribuyen en estructuras diminutas denominadas escamas, cuya disposición sobre las alas se asemeja a las tejas en un tejado⁸. Sin embargo, en algunas especies de mariposas como la *Morpho* (Fig. 3), el color no se produce a través de pigmentos, sino que el ala tiene una estructura compleja que al interactuar con la luz produce color. Este mecanismo es el que permite que sus alas sean iridiscentes: su color cambia dependiendo del ángulo en que se la mire^{46,47}.

Increíblemente, los diseños y colores de las alas tienen funciones que van desde regular su temperatura corporal, conseguir pareja, hasta disminuir el riesgo de ser atacadas y devoradas^{8,34,48,49}. Al igual que los reptiles, estos insectos tienen sangre fría y regulan su temperatura interior abriendo y cerrando las alas durante las horas soleadas del día, de esta forma logran aumentar su temperatura corporal.

2.3.1 Colores y formas para conseguir pareja

Durante la fase adulta, las mariposas tienen la función más importante para la supervivencia de su especie: reproducirse. Las hembras de mariposas invierten al menos el 80% de su tiempo buscando las plantas idóneas donde dejar sus huevos. Los machos, por otro lado, invierten la mayor parte de su tiempo buscando pareja usando dos estrategias: patrullando (*patrolling*, volar hasta encontrar pareja) y posarse (*perching*, permanecer en lugares soleados a esperar que las hembras lleguen)⁴⁹.

La selección sexual ha sido una de las fuerzas principales que han moldeado los diseños (forma en las alas de mariposas)⁴⁹ y colores (ver abajo). Específicamente, el hecho de que las hembras de algunas especies eligen con quien reproducirse ha hecho que los machos desarrollen características increíblemente atractivas que incluyen ingeniosos cortejos, ornamentos (como el plumaje extraordinario de los pavos reales, en el caso de las aves) y coloración⁵⁰. En conjunto, estas características son múltiples fuentes de información para decidir con más eficacia cuál pareja tiene mejores cualidades⁵¹.

Las mariposas cortejan a sus parejas

En general, son los machos que cortejan a las hembras, aunque puede haber excepciones. Las mariposas hembras son dulcemente cortejadas antes de que ocurra un apareamiento⁵². Los cortejos más asombrosos y elaborados se pueden encontrar en algunas

aves, como las aves del paraíso que habitan Papua Nueva Guinea. El asombroso documental *Birds of Paradise*⁵³ muestra las imágenes fastuosas de estos fabulosos diseños de la naturaleza, donde las aves realizan danzas, cantos e incluso organizan lugares específicos para su actuación. Por su lado, las hembras pueden rechazar hasta encontrar al mejor postor que tenga comportamientos específicos. En el caso de las mariposas, existen posturas de rechazo —como un abdomen extendido— que indican al macho que no están interesadas⁵¹.

Colores para ser atractivos

En cuanto a la coloración, como el conocido investigador inglés Charles Darwin lo describió, en algunas especies existen diferencias entre machos y hembras: generalmente los machos presentan colores más llamativos que las hembras, fenómeno que se denomina dimorfismo sexual. Este dimorfismo es muy común en aves y algunas especies de mariposas, donde el macho tiene colores más llamativos que las hembras y generalmente tiene alas más pequeñas^{14,18,54} (Fig. 4). El apareamiento no es al azar, las hembras seleccionan a los machos y, generalmente, prefieren los colores más brillantes, porque

(Fig. 3)

Las mariposas *Morpho* tienen una estructura alar compleja que al interactuar con la luz produce color. Este mecanismo le permite que sus alas sean iridiscentes: su color cambia dependiendo del ángulo en que se la mire^{46,47}. Su estructura alar ha inspirado la producción de reflectores con efectos iridiscentes.

