

---

## ¿PORQUÉ HAY MÁS ESPECIES DE INSECTOS QUE DE OTROS ANIMALES?

---

PEDRO REYES-CASTILLO

Instituto de Ecología, A. C. Apartado Postal 63, 91000, Xalapa, Veracruz, México

### RESUMEN

Entre el 50 y 60% de las especies descritas son insectos, porcentaje que aumenta a 90 si sólo consideramos a las especies terrestres. Dentro de la Clase Insecta, más del 80% de las especies conocidas como endopterigotas y holometábolos, características que de acuerdo con el registro fósil habíanse establecido desde fines del Paleozoico, cerca de 230 millones de años antes del presente, aunque la antigüedad del grupo data de 140 millones de años antes, dado el descubrimiento de un colémbolo en el Devónico Medio. Los insectos son uno de los grupos taxonómicos de mayor importancia de la biota terrestre y su alto grado de diversidad es un reflejo directo de sus características biológicas y de su gran habilidad de respuesta hacia la heterogeneidad ambiental. Por lo tanto, es factible concluir, que el éxito alcanzado por los insectos en los ecosistemas terrestres está directamente relacionado con su metamorfosis, sus alas y su tamaño. La metamorfosis, la cual incluye largos periodos de diapausa, proporciona una separación temporal en su desarrollo que es un componente importante en los mecanismos de especiación simpátrica y en la separación de nichos ecológicos. La posesión de alas, por su parte, les proporciona un magnífico potencial de colonización a escala geográfica, tanto en islas con subsecuente proceso de endemismo, como en áreas continentales sujetas a cambios climáticos o cambios debidos a la actividad humana. Por su pequeño tamaño (0.2-160 mm), tienen reducidas esferas de actividad y de esta forma abren nuevas oportunidades evolutivas al especializarse en el uso combinado de recursos locales. Por otra parte, son importantes componentes en la diversidad de los insectos, la adaptación a vivir y alimentarse de la vegetación y por su pequeño tamaño tienen cortos periodos generacionales, lo cual les proporciona la posibilidad de adaptarse ante la aparición de un nuevo recurso, además por la evolución de la vida social, algunos grupos de insectos, tienen atributos ecológicos similares al de los grandes animales, incluyendo el control de su medio ambiente. Este espectro de cualidades ha dado como resultado que los insectos monopolicen un amplio número de nichos originados por el desarrollo de la vegetación.

### INTRODUCCIÓN

El descubrimiento de América hace cinco siglos, impactó a la llamada civilización occidental de aquel entonces, en sus hábitos alimentarios, del vestir y de sus aficiones, con base en la biodiversidad de plantas cultivadas por los pueblos de las culturas andina, mesoamericana y caribeña. Piensen en sólo tres de las plantas cultivadas de claro origen americano la papa, el algodón y el tabaco cuyo uso se ha extendido a todo el mundo, desde su descubrimiento por los conquistadores españoles. Estos últimos poca importancia otorgaron al estudio de la variedad de plantas y animales en las tierras recién descubiertas y no fue sino hasta 250 años más tarde, principalmente en las tierras del norte de Europa, cuando se inició la descripción, catalogación y explicación de la diversidad de los organismos vivos en forma sistemática, desde ese entonces, ha sido un campo fértil y fructífero para los biólogos.

La diversidad es una propiedad fundamental de los sistemas biológicos, que funciona a través del tiempo y el espacio. Nuestro planeta Tierra, se caracteriza por su biodiversidad, en sus tres grandes niveles: de genes, de especies y de ecosistemas.

Si de especies tratamos, con los insectos nos enfrentamos al grupo de organismos de mayor éxito en nuestro planeta. Baste anotar, sin entrar a los terrenos de la especulación de calcular cuántas especies existen, que entre el 50 y 60% del total de especies descritas son insectos. Sorprendente en verdad. Más aún, si excluimos a los organismos marinos y solo consideramos a los terrestres este porcentaje aumenta a 90. Aunque esto último parezca increíble, es una realidad. Quizá en el futuro otros organismos compitan por este primer lugar, tal vez los ácaros. ¿Quién lo sabe? El hecho irrefutable es que los insectos, hoy por hoy, son los organismos más diversificados de la Tierra.

Con tan alto porcentaje de especies conocidas, los insectos son nuestros principales competidores en la producción de alimentos y productos básicos; son los directos causantes de daños a nuestros cultivos agrícolas, frutícolas, forestales, pecuarios y productos almacenados; son también, el enemigo a combatir, debido a las pérdidas en vidas humanas a causa de las enfermedades y parásitos por ellos transmitidos; así como llegan a ser valiosos aliados, gracias a los beneficios directos e indirectos, creados mediante su explotación y los múltiples

papeles que juegan en los ecosistemas naturales y artificiales.

Tratar de explicar, en forma breve y somera, las causas del origen de esta gran diversidad de los insectos, es nuestro propósito en el presente ensayo, así como el ejemplificar esta biodiversidad en México, a través de un pequeño grupo de coleópteros de la familia Passalidae, objeto de estudio de mi parte desde hace tres décadas. La bibliografía base para la elaboración de este ensayo se cita al final del texto.

## ORIGEN DE LA CLASE INSECTA

El registro fósil sitúa la antigüedad de los insectos en el Devónico Medio, cerca de 370 millones de años antes del presente, gracias a la presencia del colémbolo *Rhyniella* perteneciente a un linaje ya extinto. En el Carbonífero Superior, 140 millones de años más tarde, son descubiertos numerosos fósiles pertenecientes a los principales grupos de insectos primitivos. En este período, existen Apterygota del orden Thysanura, distintos órdenes de Pterygota-Paleoptera, insectos primitivos incapaces de plegar sus alas como los Ephemeroptera y Odonata y Pterygota-Neoptera-Exopterygota, insectos capaces de plegar sus alas y con metamorfosis incompleta (hemimetábolos), representados por una serie de órdenes extintos y los Blattodea.

En el Pérmico Inferior, cerca de 280 millones de años antes del presente, es cuando por primera vez aparecen los Pterygota-Neoptera-Endopterygota, insectos con metamorfosis completa (holometábolos), como los Coleoptera, Mecoptera, Trichoptera y Neuroptera, además de varios otros órdenes de Exopterygota como Psocoptera, Hemiptera, Plecoptera y Orthoptera.

Es decir, a finales del Paleozoico, hace cerca de 230 millones de años antes del presente, ya existen los órdenes de insectos actualmente conocidos, más algunos otros desaparecidos. Este hecho de gran importancia, nos indica que desde antiguo, la variada morfología del grupo está establecida, el vuelo y los sistemas de plegamiento de las alas existen, y los patrones básicos de metamorfosis, hemimetábola y holometábola, han alcanzado su pleno desarrollo. Estas cualidades, propias de la Clase Insecta, les ha permitido a estos pequeños invertebrados invadir y colonizar los ecosistemas terrestres y dulceacuícolas.

Desde el Pérmico, los insectos han desarrollado una serie de adaptaciones tróficas, reproductivas y locomotrices, que, relacionadas con la evolución de las plantas, delinea las circunstancias y probables aspectos de los alimentos disponibles. Así como se demarca su importancia de servir como alimento a ciertos vertebrados, en particular de los pequeños anfibios y reptiles primitivos, la evidencia paleoecológica muestra desde ese período geológico, adaptaciones a la insectivoría de dichos grupos de vertebrados.

Gracias a las cualidades fraguadas por los insectos desde hace centenas de millones de años, no es de extrañar que en la actualidad sean los órdenes de insectos holometábolos quienes representen el 88% del total de especies de esta clase de invertebrados. Porcentaje que aumenta, si además consideramos a los órdenes de insectos hemimetábolos típicamente herbívoros como los Orthoptera y Hemiptera.

El panorama antes delineado nos otorga las bases del origen de la diversidad actual de los insectos. Es factible concluir, que su éxito está directamente relacionado con su metamorfosis, su capacidad de vuelo, sus pequeñas dimensiones, su alto nivel de organización sensorial y neuromotor, su corto periodo generacional y su mínima capacidad de aprendizaje, además de la naturaleza de las interacciones coevolutivas, muchas de las cuales involucran a los insectos.

Por supuesto que la variedad de las razones antes expuestas actúan en combinación y distintos autores les dan más importancia a unas que otras.

## CARACTERES BÁSICOS DE ORIGEN EN LA DIVERSIDAD DE LOS INSECTOS

**METAMORFOSIS.**- En los insectos se distinguen tres tipos básicos de metamorfosis. Los Apterygota, con metamorfosis directa, presentan requerimientos ecológicos similares a través de toda su vida, como inmaduros y adultos. Los Exopterygota, con metamorfosis incompleta (hemimetábolos), en general presentan leves diferencias en sus requerimientos alimentarios entre ninfas y adultos, aunque en algunos grupos los estados inmaduros estén confinados a un tipo de hábitat, acuático, por ejemplo. Por último, los insectos Endopterygota, presentan metamorfosis completa (holometábolos), con tres estados morfológica y fisiológicamente muy distintos: larval, pupal e imaginal (adultos). Las larvas y adultos están equipados y adaptados para explotar hábitats terrestres enteramente diferentes.

El éxito evolutivo alcanzado por los insectos Endopterygota, se argumenta, es debido a la pupa, estado de

desarrollo responsable de disociar morfológica y estructuralmente a los estados activos: larva y adulto. El estado larval cumple con los períodos de crecimiento y alimentación, mientras que el adulto responde por las funciones de reproducción y dispersión. En esta última aseveración, es necesario enfatizar el papel de los adultos como dispersores, su alta movilidad y su sofisticado comportamiento para encontrar el huésped adecuado, presente en la mayoría de los insectos alados, es una medida del éxito adaptativo logrado para cumplir con dicha función y ha determinado, el porqué ciclos de vida complicados persisten a través del tiempo.

Por otra parte, el alimento puede ser cosechado tanto por las larvas como por los adultos, suponemos esta es la condición primitiva, de acuerdo con las características de los Apterygota y algunos grupos de Exopterygota, aunque se han detectado pequeñas diferencias en la dieta de insectos depredadores debidas a las diferencias de talla durante su desarrollo, en Mantidae por ejemplo, y en insectos fitófagos, como Coreidae, al incrementarse la movilidad en el estado adulto cuando se dispone de otras fuentes alimentarias. Sin embargo, la metamorfosis completa permite cosechar diferentes alimentos de muy distintos hábitats, por los diferentes estados de desarrollo, larval y adulto. Esta particularidad de los insectos Endopterygota es importante cuando el alimento está disponible en un hábitat en particular por un corto período de tiempo durante una estación del año, o cuando es necesario complementar la dieta en el estado adulto debido a las deficiencias alimentarias sufridas durante la vida larval.

Las mariposas tropicales del género *Heliconus*, tienen un largo período de vida como adultos, alimentándose de polen durante este largo período de tiempo cuando las fuentes de alimento para la larva no están disponibles. O bien, el estado larval está adaptado a un número secuencial de distintos papeles tróficos, vida libre-parásito-vida libre-parásito, como pasa con la hipermetamorfosis de Stresiptera, Meloidae, Bombylidae y otros insectos.

En términos generales, en los insectos Pterygota, el énfasis está en cosechar los alimentos por el estado larval y en algunos grupos, como Ephemeroptera, esta actividad está confinada a este estado. Aunque existen especies en otros grupos donde la actividad está polarizada hacia el estado adulto, como en los dípteros hematófagos y en los insectos sociales, semisociales y subsociales.

La generalidad con la cual el alimento es cosechado en los estados larval y adulto de los insectos, indica las ventajas evolutivas y la estabilidad de esta estrategia. Podemos concluir, que la metamorfosis habilita a las especies de insectos a disponer de una secuencia de nichos, utilizando recursos que pueden estar separados en tiempo y espacio.

Hasta ahora nos hemos referido al polimorfismo que los insectos presentan durante sus distintas etapas de desarrollo, pero además de este tipo, entre los insectos se ha desarrollado el polimorfismo en un mismo estado de desarrollo, lo cual implica y proporciona adaptaciones adicionales fundamentales para explicar y comprender la diversidad lograda por los insectos.

A manera de ejemplo, estos últimos tipos sólo los mencionaré. En áfidos y cinípedos, la alternancia de generaciones es un ejemplo de diversidad del estado adulto dentro de una misma especie, que permite la explotación secuencial de recursos estacionales. Las fases gregaria y solitaria, de las especies de langostas migratorias, acrididos causantes de severos daños en los cultivos agrícolas, son un ejemplo de este tipo de polimorfismo. En forma similar, las variedades y formas de los insectos miméticos y crípticos, proporcionan ejemplos de polimorfismo ligados con complejos sistemas de defensa y depredación en mariposas, avispas y luciérnagas. Un tipo muy especial de polimorfismo es el presentado en los adultos de distintos grupos de insectos sociales, hormigas y abejas, relacionados con la división del trabajo dentro de la colonia.

VUELO.- La invasión de nuevas áreas por los insectos está relacionada con su poder de dispersión fundamentado por la posesión de alas, característica única en animales de su tamaño. Su alta movilidad y la particularidad de poseer alas en cierta forma contribuye a la diversidad de los insectos, los cuales a través de estos mecanismos están continuamente probando al medio ambiente. Este mecanismo delinea las relaciones entre la abundancia de árboles y el número de especies de insectos a ellos asociados, relaciones que se extienden a otros tipos de plantas.

La posesión de alas, incrementa las posibilidades de colonización a escala geográfica, tanto en islas con subsecuente endemismo y sobre las grandes masas continentales después de cambios climáticos o perturbaciones originadas por las actividades humanas. El vuelo de los insectos contribuye, además, a la formación de poblaciones aisladas que a través de la selección diferencial, deriva génica y otros mecanismos, son una faceta más de la diversidad intraespecífica y posible diferenciación de especies.

TALLA.- El tamaño de los insectos está comprendido entre los 0.2 a 160 mm. El tamaño de los insectos puede ser desde el más grande de los protozoarios hasta el más pequeño de los mamíferos. Esta cualidad, ha sido para

algunos autores el principal factor en promover su diversidad.

El pequeño tamaño de estos invertebrados, en cierto modo explica el fabuloso número de especies, ya que un mayor número de nichos por unidad de área pueden existir y ser explotados por pequeños animales que por animales más grandes, vertebrados, por ejemplo. Además la proporción de extinción natural es menor en animales pequeños, puesto que una cantidad dada de energía puede soportar una gran población, capacitada para absorber con mayor facilidad la perturbación con un pequeño contingente de recursos.

El relativo pequeño tamaño de los insectos les ha otorgado oportunidades evolutivas para especializarse en el uso de una combinación de recursos localizados en tiempo y espacio. Además, en términos generales, animales pequeños tienen cortos períodos generacionales y proporcionalmente posibilidades más rápidas de adaptación, en caso de que nuevos recursos aparezcan, en comparación con animales de talla grande.

#### ORGANIZACIÓN SENSORIAL Y NEUROMOTORA

El único grupo de animales con un desarrollo organizacional comparable al de los vertebrados son los insectos. Un alto nivel de organización aumenta la habilidad de percibir pequeñas diferencias medioambientales y de reaccionar ante tales diferencias, maximizando la heterogeneidad ambiental.

La capacidad de aprendizaje está más desarrollada en vertebrados y es una adaptación de comportamiento para enfrentar eventos de ocurrencia irregular e impredecible, pero que ocurren con cierta frecuencia durante la vida de un mismo individuo para poder desarrollar las posibilidades de adaptarse a tales eventos. Los animales son incapaces de aprender si las perturbaciones ocurren únicamente una vez durante su vida. El período de vida de los insectos es tan corto, para permitirles el desarrollo de la habilidad del aprendizaje, más allá de niveles muy rudimentarios. Los insectos para adaptarse a perturbaciones locales han respondido con mecanismos de cambio genético rápido.

**COEVOLUCIÓN.-** En ambientes terrestres, las relaciones planta-herbívoro es un factor generador de biodiversidad. A este nivel trófico pertenecen el 60% de las especies de insectos, más que las especies de otros niveles tróficos: depredadores, saprófagos y parásitos.

La herbivoría en los insectos se ha desarrollado en un alto grado de especificidad como resultado de coevolución entre insecto herbívoro y planta huésped, fenómeno que se extiende a los insectos parásitos, parasitoides e inquilinos. Se considera que la coevolución como fenómeno general, es más importante en la generación de una mayor diversidad, que la herbivoría por sí sola.

Para reforzar esta idea, pensemos en los vertebrados, cuya diversidad es mayor entre los grupos de insectívoros que de herbívoros, probablemente porque la coevolución ocurre entre insectos y sus depredadores vertebrados en mayor extensión, que entre plantas y sus vertebrados herbívoros.

En resumen, la razón por la que existen más insectos es que su avanzada organización para su pequeño tamaño y las interacciones coevolutivas, les permiten explotar un gran aparato de oportunidades ecológicas de poca variación, al mismo tiempo que su mínima capacidad de aprendizaje y corto período generacional son dependientes directos de sus características genéticas más que de su fisiología y comportamiento individual.

#### CONSERVACIÓN DE INSECTOS

La extinción de insectos es esporádicamente mencionada en la literatura y en la práctica está limitada a los países más desarrollados (Estados Unidos, Gran Bretaña, Francia, Alemania) en donde existen comités y organizaciones para la protección de algún grupo o especie de insecto (Lepidoptera es el líder en esta preocupación). Desde 1835 parece haberse iniciado la conservación de insectos, cuando la reina de España encargó legislar sobre la protección de las luciérnagas, más o menos en la misma época, el Estado de Bavaria e Inglaterra iniciaron la protección de algunas especies de mariposas.

En los países subdesarrollados, la protección y conservación de insectos está dirigida a reglamentar su colecta científica y comercial, quizá con la excepción de Papúa - Nueva Guinea que protege a las especies de mariposas Ornithoptera y de México con la creación de áreas protegidas para la conservación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*).

Las causas en la declinación y pérdida de poblaciones de insectos está estrechamente ligada con las perturbaciones ocasionadas por las actividades humanas: urbanización, lluvia ácida, desecación de pantanos y zonas inundables, conversión de ecosistemas para fines agrícolas y ganaderos, pérdida de bosques, introducción

de especies, uso indiscriminado de productos químicos (pesticidas) y la colecta intensiva e irrestricta en hábitats restringidos (cuevas por ejemplo).

La conservación de insectos, es un área de acción que deberá fomentarse en el futuro, particularmente en México, en donde el grupo compite en importancia con aquellos grupos de organismos que dieron origen a denominarlo como uno de los pocos países megadiversos de nuestro planeta.

#### MÉXICO: DIVERSIDAD DE COLEÓPTEROS PASSALIDAE

Los Passalidae son un pequeño grupo de coleópteros saproxilófagos de distribución cosmopolita, el tamaño del adulto varía de los 14 a los 100 mm de largo y en general son negro brillante. Viven en troncos podridos, en donde los adultos construyen galerías para copular y alojar a sus huevos, larvas, pupas y adultos teneales; los adultos y las larvas presentan un sofisticado sistema de comunicación sonora; la pareja fundadora del grupo familiar es monógama y proporciona cuidados a su prole, siendo responsable de protegerlos de intrusos coespecíficos y depredadores, acondicionar el medio donde se desarrollan los estados inmaduros y desmenuzar la madera que usan como alimento las larvas y los jóvenes teneales recién emergidos. Los pasálidos son coleópteros con un alto grado de evolución subsocial, por presentar cuidados a la cría, existir cooperación entre adultos progenitores y adultos hijos, así como la sobreposición de al menos una generación adulta.

La gran mayoría de los pasálidos son silvícolas, viven en troncos podridos en un estado intermedio de pudrición y por el sitio que ocupan en este microhábitat se distinguen especies de hábitos: subcortícolas, albiduramicolas, de la interfase suelo/tronco y de las ramas muertas del dosel del bosque, una sola especie habita los detritos de los hormigueros de *Atta*.

El grupo incluye a cerca de 600 especies conocidas, 375 de las cuales son exclusivas del continente Americano. En México, se han encontrado más de 100 especies cifra que representa una sexta parte del total de las especies conocidas a nivel mundial y un poco más de la cuarta parte de las especies americanas. En lo que respecta a Passalidae, México es el país con el mayor número de especies (106) y géneros (21) representados en su territorio, únicamente Brasil lo supera en cantidad de especies (110) pero no en el de géneros (7).

Los pasálidos mexicanos se distribuyen en los bosques: tropical perennifolio y mesófilo de montaña, ecosistemas en donde se encuentran la mayoría de las especies, aunque muchas amplían su distribución a ecosistemas perturbados (acahuales) y más secos (bosques mixtos de encino-pino y selvas subcaducifolias y caducifolias). Las 20 especies de amplia distribución en México se extienden por las selvas tropicales de baja altitud y representan para la mayoría, la extensión más septentrional de su distribución en el continente Americano. En este tipo de ecosistemas el endemismo es muy escaso, representado por 2-3 especies en las selvas del Sureste de México.

La característica más llamativa de los pasálidos mexicanos es el alto grado de endemismo en el bosque mesófilo de montaña y ecosistemas forestales húmedos de montaña que lo delimitan. Un grupo de 50 especies es endémico de los sistemas montañosos situados al Noreste del Istmo de Tehuantepec: Sierras Madre Oriental y del Sur, con penetración limitada hacia el Sistema Volcánico Transversal y Sierra madre Occidental. Otro grupo de nueve especies es endémico de la Sierra Madre y Macizo Central de Chiapas. Y finalmente, 20 especies son endémicas de estas montañas y las de Guatemala.

En términos generales, la taxonomía del grupo es relativamente estable, su biología e historia natural son bien conocidas, la observación y colecta de campo son fáciles de realizar y su distribución mundial abarca la amplitud continental e insular situada entre los Trópicos de Cáncer y de Capricornio. Las características anteriores fundamentan que como grupo taxonómico los Passalidae pueden y deben ser considerados como buenos organismos indicadores en la determinación de patrones regionales de biodiversidad, así como insectos apropiados y útiles en la conservación biológica y determinación de áreas protegidas, en vista de su facilidad para muestrearlos, confiabilidad en el número de especies en áreas reducidas y por la presencia de adultos a lo largo del año, indudable ventaja sobre muchos otros grupos de invertebrados terrestres.

#### LITERATURA CITADA

KRISTENSEN, N.P. 1981. Phylogeny of insect orders. *Ann. Rev. Entomol.* 26:135-157.

MATTHEWS, E. G. 1976. Insect ecology. University of Queensland Press, St. Lucia, Queensland, Australia. 226 págs.

MAY, R. M. 1978. The dynamics and diversity of insect faunas. *In*: Mound and Waloff (Eds.) Diversity of insect faunas. pág. 188-204.

MOUND, L. A. and N. WALOFF. (Eds.) 1978. Diversity of insect faunas. Symposia of the Royal Entomological Society of London: number nine. Blackwell Scientific Publications. 204 págs.

PYLE, R. 1981. Insect Conservation. *Ann. Rev. Entomol.* 20:233-258.

SOLBRIG, O. T. 1991. Biodiversity. Scientific issues and collaborative research proposals. MAB Digest 9 UNESCO Paris. 77 págs.

SOUTHWOOD, T. R. E. 1978. The components of diversity. *In*: Mound and Waloff (Eds.) Diversity of insect faunas. págs. 194-204.

WOOTTON, R. J. 1981. Paleozoic Insects *Ann. Rev. Entomol.* 26:319-344.