

Evolución de los Helmintos

Evolution of Helminths

Jesús Gregorio Rodríguez-Diego^{1*}, Javier L. Olivares-Orozco¹,
Yolanda Sánchez-Castillejas¹, Javier Arece-García²



<http://opn.to/a/KcmbZ>

¹Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco. Calzada del Hueso No. 110, Colonia Villa Quietud, CP 04960, México, D.F.

²Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Central España Republicana. CP 44280. Matanzas, Cuba.

RESUMEN: Se recopilan y analizan criterios sobre las diversas propuestas de la evolución de los helmintos; muchos de ellos bajo la óptica de tecnología de avanzada. Se ejemplifican los mecanismos de adaptación en algunos casos de helmintos que persisten como parásitos, como *Fasciola hepatica*, *Ascaris lumbricoides*, *Taenia solium*, *Echinococcus* spp. y otros.

Palabras clave: helmintos, evolución, ontogénesis, *Fasciola hepatica*, *Ascaris*, *Echinococcus*.

ABSTRACT: Criteria on the various proposals for the evolution of helminths are compiled and analyzed, many of them under the advanced technology perspective. Adaptation mechanisms are exemplified in some cases of helminths that persist as parasites, such as *Fasciola hepatica*, *Ascaris lumbricoides*, *Taenia solium*, *Echinococcus* spp., and some others.

Key words: helminths, evolution, ontogenesis, *Fasciola hepatica*, *Ascaris*, *Echinococcus*.

*Autor para correspondencia: Jesús Gregorio Rodríguez-Diego. E-mail: jesus122001mx@yahoo.es

Recibido: 24/11/2017

Aceptado: 05/06/2018

INTRODUCCIÓN

Los organismos eucariotas son el resultado de un largo periodo de evolución, desde el origen de las mitocondrias y después del incremento de oxígeno atmosférico hace 2.200 millones de años (1).

En la actualidad, existen diferentes teorías referentes al origen ancestral de los helmintos; no obstante, todo indica que se originaron de un protozoo flagelado que adquirió un hábito colonial y evolucionó dando lugar a un organismo pluricelular (2). Otros criterios refieren que quienes dieron lugar a los helmintos fueron los antepasados ciliados, que surgieron de la división de un sincitio multinucleado. Sin embargo, resulta difícil aceptar esta última hipótesis, si se considera el comportamiento nuclear de las especies de ciliados actuales tan diferentes al de las células de los metazoos (2).

Según Martínez (3), solo se puede concebir la evolución de los helmintos igual que otros grupos de parásitos, bajo el análisis de una concurrencia de hábitat, un contacto masivo y milenario entre protoparásitos y protohospederos. La relación entre los helmintos y sus hospederos actuales se preserva debido a la especificidad, producto a la concurrencia ecológica.

La comprensión profunda del tema tratado sigue siendo una preocupación de muchos especialistas que ahondan en ese campo (4,5,6) mediante tecnologías modernas y estudian acerca de los eventos que permitieron la relación parasitológica actual entre hospedero-helminto.

El objetivo de este trabajo fue recopilar y analizar criterios sobre las diversas propuestas con relación a la evolución de los helmintos, muchos de ellos bajo la óptica de tecnología de avanzada.

DESARROLLO

Evolución de los helmintos

Los helmintos, fundamentalmente como endoparásitos, se ubican, taxonómicamente, en los Phyla Platyhelminthes, Nematelminthes y Acanthocephala.

Se supone que el parasitismo en hospederos vertebrados comenzó en el Paleozoico y los herbívoros e insectívoros mamíferos se infectaron en el Mesozoico o al principio del Terciario (7).

Del mismo modo, el análisis de secuencias genéticas ha permitido establecer relaciones filogenéticas entre los diversos grupos y se ha demostrado que los helmintos son muy divergentes y anteriores a los reptiles, mamíferos y anfibios; todos los parásitos son, evolutivamente, más antiguos que sus hospederos, lo que confirma que derivan de ancestros de vida libre. Los helmintos han desarrollado sistemas reproductivos diferentes que varían desde el hermafroditismo hasta la reproducción sexual (8).

A través de estudios genéticos se ha llegado a la conclusión de que los cestodos deben ser los más antiguos dentro de los metazoos primitivos con organización bilateral (platelmintos). Durante el transcurso del tiempo, ellos fueron degenerando su aparato digestivo como forma de adaptación y como consecuencia de la continua aparición de formas mutantes. En el periodo Precámbrico, con la aparición de los equinodermos, se adaptaron a estos. Por otro lado, los trematodos Digenea son posteriores y su adaptación se produjo con la aparición de los moluscos (gasterópodos) al final del Paleozoico (2).

La asociación de los nematodos con los primeros vertebrados debió ocurrir posterior a la aparición de estos, en el Silúrico. No existen datos precisos sobre los inicios de este parasitismo, a pesar de que se han encontrado en el ámbar algunos nematodos que proceden del Cenozoico y otras tres especies que proceden del Oligoceno. Un tercer caso fue una larva que se encontró en los músculos abdominales de un escarabajo procedente del Eoceno, que se hallaba enquistada. También se han descrito nematodos procedentes del Pleistoceno en mamuts y en un caballo que se encontraron en las permanentes heladas de Liberia (2).

La mayoría de los organismos pluricelulares parásitos son helmintos. Las características de estos permiten la repetición celular, por tanto, la posibilidad de mayor supervivencia; presentan mayor tamaño y mayor estabilidad fisiológica y es notable el incremento de la expansión de las especies basada, fundamentalmente, en su capacidad reproductiva (2).

El potencial biótico (PB) elevado de muchos de los parásitos es extraordinario (3) y necesario

para lograr mantener la existencia de las especies. El trematodo *Fasciola hepatica* es un ejemplo típico; el adulto se localiza en los canales biliares de un vertebrado donde se alimenta del epitelio y los eritrocitos; en este estadio dedica todos sus recursos a la reproducción, se autofecunda por su carácter de hermafrodita y ovoposita sus huevos a un ritmo de uno cada tres segundos durante unos 6 a 10 años de vida activa. Esta gran cantidad de huevos, necesaria para continuar su ontogénesis, tiene que llegar al agua exterior somera bajo límites de oxigenación y temperatura adecuados para el desarrollo embrionario, que permita la formación de una larva ciliada (miracidio) con una reserva nutricional para seis horas de autonomía y vida; plazo que significa un reto vital, pues precisa encontrar y penetrar el cuerpo de su molusco hospedero intermediario para no morir, que varía de especie de acuerdo a la zona. Los pocos miracidios, que logran tener éxito al infestar los moluscos, se transforman en esporocistos (sacos de embrionamiento) y se multiplican para dar lugar a muchas redias; así continúan en la fase exógena dentro del molusco esterilizando a este para que solo dedique su esfuerzo vital a soportar al parásito. Las muchísimas metacercarias resultantes de esta etapa asexual (fase final exógena de aquellos pocos miracidios del helminto que penetraron al hospedero intermediario) cumplen su papel al ser ingeridas por el hospedero definitivo (3).

Las injurias ambientales son muy altas, pero se compensan por el alto potencial biótico: en el hospedero definitivo, mediante reproducción sexual hermafrodita, y en el hospedero intermediario mediante un proceso de desarrollo embrionario múltiple asexual en esporocistos y redias (3). Por tanto, por muy difícil que le sea al miracidio encontrar un caracol, la gran cantidad de ellos en el agua garantizará que alguno tenga éxito. Unido a esto, el helminto madura sexualmente en breve tiempo y logra una sobrevivencia endógena muy larga.

Otro ejemplo de lo explicado es el cestodo *Taenia solium*, platelminto largo que alcanza entre dos a siete metros de longitud, con proglotis que significan unidades hermafroditas de reproducción; estos maduran y devienen en un almacén de gran cantidad de embriones (proglotis grávidos). Cada día se desprende un promedio de

46 anillos que llegan, con las heces, al medio ambiente cargados, aproximadamente, con 50000 embriones infectantes que tienen que alcanzar a un hospedero intermediario adecuado y otro definitivo mamífero, incluso el hombre, para cerrar su ciclo. Se une, a esta característica prolifera, una larga vida (de años) dedicada exclusivamente a reproducirse (3).

Otro cestodo, *Echinococcus granulosus*, es un platelminto diminuto de dos a siete milímetros con un solo proglotis grávido, cada vez, contentivo de un número relativamente corto de embriones. No obstante, el parásito cuenta con varios hospederos intermediarios y el metacestodo (quiste hidatídico), que en ellos se forma, se multiplica por cientos en un gran número de protoescólices (“cabezas” iniciadoras de una nueva tenia), de tal modo que cuando el perro se infecta, su hospedero definitivo, lo hace simultáneamente con miles de individuos (3).

Por el contrario, en los nematodos del género *Trichinella*, cuyos embriones se depositan directamente en los vasos linfáticos de la lámina propia del intestino, el potencial biótico es bajo, aproximadamente 1 200 embriones que llegarán con una pérdida mínima al estadio de larva L1 madura infectante, en el propio tejido muscular del hospedero que albergó a los adultos en el intestino (3).

En el caso de *Ascaris lumbricoides*, que parasita al hombre, el hospedero puede vivir sin el helminto, pero no a la inversa, ya que cada individuo de la especie necesita parasitar. Ante la dificultad de que la descendencia del helminto pueda encontrar a su hospedero, ya que los huevos tienen que embrionar y resistir las condiciones adversas del medio externo hasta que logren alcanzar al humano, mediante los alimentos o agua que ingiere, el parásito tuvo que aumentar evolutivamente mucho su potencial biótico; de modo que su esfuerzo reproductivo es muy alto y logra ovopositor cerca de 250000 huevos diarios que garantizan el completamiento del ciclo biológico (3).

La migración orgánica que realizan los estadios endógenos de *A. lumbricoides* (intestino-hígado-pulmón-bronquios-intestino), en la que causa lesiones antes de llegar a adulto en el intestino, es una consecuencia del desarrollo filogenético de la especie durante la que

quedaron en su genoma los genes que le obligan a imitar en su único hospedero el comportamiento que tenían hace cientos de años en varios; ese comportamiento ancestral del ciclo estaba asociado a una relación simbiótica en la interacción entre depredador y presa; el huevo embrionado infectaba a un vertebrado presa de un depredador; tenía dos fases parasitarias: una primera, en la que se desarrollaban sus primeros estadios de vida en un primer hospedero intermediario, seguida de una segunda en el hospedero definitivo (9). A su vez, actualmente el hombre es el hospedero intermediario y definitivo de *A. lumbricoides*.

Un mayor éxito poblacional lo tiene *A. suum*, que supera al de su congénere. Según Lesle *et al.* (10), en una población española con perspectivas de vida de 80 años el ascáride humano puede convivir con unos 45 millones de personas, en tanto su homólogo porcino lo logra con una cantidad mucho mayor de cerdos, que han devenido hospederos más eficaces para esa especie de *Ascaris*.

Ese género no llega a alcanzar la ventaja evolutiva que supone la menor patogenicidad con la que ya cuentan otros ascárides como *Toxascaris* spp., cuyas larvas ya no emigran y realizan todas sus mudas y fases progresivas en la luz del intestino (9).

La característica migratoria por órganos aún se realiza en otros géneros de ascárides, tal como *Ophidascaris* spp., del estómago de reptiles, que tiene a anfibios, reptiles e incluso mamíferos como hospederos intermediarios (9).

Como se relata, el PB de los helmintos está relacionado con el pasado filogénico y la acomodación al variado ciclo biológico, pero siempre debiendo vencer los obstáculos externos que se presentan durante la realización del mismo (3).

Muchos helmintos han asegurado su éxito como parásitos debido al comportamiento de sus hospederos como depredadores o carroñeros y han adquirido un alto grado de inespecificidad. Este es el caso de las especies de *Trichinella* o las de *Echinococcus* (3).

La infestación directa de algunos helmintos es a veces limitada por la posibilidad de contacto directo con el hospedero. Los hospederos

intermediarios, en muchos casos llenan ese vacío y facilitan el proceso (4).

La microevolución secuencial y divergente dentro del contexto parasitario funciona con las limitaciones propias, como entre las especies de vida libre (3). Si analizamos el fenómeno que ocurre en los helmintos *Echinococcus* spp. que, como se ha mencionado, tiene por su carácter de hermafroditas una gran capacidad de autoinseminación en el hospedero definitivo y que se multiplican por poliembrionia en el hospedero intermediario, se puede suponer que, en el siguiente hospedero definitivo, donde se aloje el cestodo, todos los individuos sean hermanos, ya que tienen una gran posibilidad de fijar en el genoma cualquier modificación con una gran posibilidad de separación simpátrica. Así se explica que, en un tiempo evolutivo breve, no solo se hayan separado los conjuntos hace poco tiempo como *E. granulosus*, *E. multilocularis*, resultado del complejo trófico de un canido (lobo/perro/zorro) determinado hospedero definitivo, sino que, además, la separación por especialización hacia un hospedero intermediario único produce la formación de especies crípticas diferentes (3). Así, los estudios moleculares de la antigua especie *E. granulosus*, restringida actualmente solo a las cepas biológicas *ovicanis* (oveja/perro) (genotipos G1, G2 y G3), confirman que antiguas descripciones de la especie son válidas.

Una etapa importante evolutiva ocurrió cuando los primeros hospederos cambiaron el aprovechamiento del piruvato por la molécula energética ATP. El parásito se convirtió en dependiente permanente del retículo del hospedero por un puente proteico y entre ambos nació una estrecha relación (11).

Existen numerosas especies de Nematoda parásitos, tanto del hombre como de los animales y de plantas, además de especies de vida libre, que han desarrollado ciclos vitales muy diversos, desde ciclos directos a indirectos hasta ciclos alternantes estrictamente parásitos a de vida libre. Esta diversificación ha llegado incluso al tipo de reproducción, tal es el caso de las hembras del género *Strongyloides*, que son partenogenéticas en su hospedero y pueden seguir fases homogónicas y heterogónicas en el exterior (5,6).

Hay múltiples indicios de que los parásitos también requieren de la relación con el hospedero para su propia evolución y se sabe que muchos helmintos responden y son dependientes de señales endocrinológicas e inmunitarias. Por ejemplo, algunas investigaciones mostraron que *Schistosoma mansoni* requiere de citoquinas del hospedero para su crecimiento y reproducción; el factor de necrosis tumoral alfa es necesario para la fertilidad de los huevos de las hembras, mientras que la interleuquina 7 garantiza la maduración de las células endoteliales de la dermis del nematodo. Por su parte, las hormonas esteroides y de tiroides intervienen en el crecimiento, el metabolismo y la maduración de las larvas (12).

Zarowiecki y Berriman (5) estudiaron los genomas de más de 20 helmintos (nematodos y los platelmintos) y realizaron un meta análisis de todos los genomas secuenciados con vistas a conocer las características de sus genomas. Los resultados permitieron saber que los gusanos parásitos carecen de sistemas de variación antigénica de superficie, mantienen sus superficies como la primera línea de defensa contra el sistema inmune del hospedero, con varias familias de genes asociados con la superficie y tegumento. El estudio concluyó que existe un patrón predominante relacionado con poca coincidencia entre los genomas de los helmintos parásitos, lo que evidencia una evolución de manera independiente para cada grupo de parásito y que cada uno posee adaptaciones específicas acorde a cada nicho particular. Estas características le permiten la adaptación al hospedero (6).

Los estudios recientes en los acantocéfalos brindan criterios que apuntan a que las primeras especies vivían como ectoparásitos en los artrópodos, antes de su complejo ciclo de vida con presencia de hospederos intermediarios y definitivos (13).

La adaptación al parasitismo de ese grupo es muy alta y antigua, hasta tal punto que es difícil sugerir los orígenes del mismo. En general, se adaptaron al ectoparasitismo de los vertebrados, aunque en algunos casos, como sucede con los crustáceos en el medio acuático y con el cerdo, han mostrado tendencia hacia el endoparasitismo (2).

REFERENCIAS

1. Falconet D. Origin, evolution and division of Plastids. *Advances in Photosynthesis and Respiration*. 2012;34:3561.
2. Sánchez C. Origen y evolución del parasitismo. Discurso de ingreso. Academia de Ciencias de Zaragoza. 2000. Zaragoza. España.
3. Martínez Fernández AR. Parasitismo origen e interés biológico. Solemne sesión inaugural del curso celebrado el 16 de enero de 2014. Instituto de España, Real Academia Nacional de Farmacia, Madrid, España.
4. Parker GA, Ball MA, Chubb JC. Evolution of complex life cycles in tropically transmitted helminthes. II. How do life-history stages adapt to their hosts? *J Evolutionary Biol*. 2015;28(2):267-291.
5. Zarowiecki M, Berriman M. What helminth genomes have taught us about parasite evolution? *Parasitology*. 2015;142(10):S85-S97.
6. Parker GA, Ball MA, Chubb JC. Evolution of complex life cycles in tropically transmitted helminthes. I. Host incorporation and trophic ascent. *J Evolutionary Biol*. 2015;28(2):292-304.
7. Conway MS. Parasites and the fossil record. *Parasitology*. 1981;82:489-509.
8. Cordero M, Rojo FA, Martínez MC, Hernández S, Navarrete I, Díez P. *Parasitología Veterinaria*. 1998. pp. 234. McGraw-Hill. Interamericana. Madrid.
9. Wideman JG. The ancient and widespread nature of the ERMitochondria encounter structure. *Mol Biol Evol*. 2013;30(9):2044-2049.
10. Leles D, Gardner SL, Reinhard K, Iniguez A, Araujo A. Are *Ascaris lumbricoides* and *Ascaris suum* a single species? *Parasit Vectors*. 2012;5:42. doi: 10.1186/17563305542.
11. Martínez A.R. Inmunidad de las mucosas. Conferencia inaugural curso 2012-13. Real Academia de Ciencias Veterinarias. 2012, Madrid, España.

12. Barnes KC. Parasite Evolution and the Immune System Parasite Evolution and the Immune System <http://www.bago.com/BagoArg/Biblio/infectoweb432.htm> (Consultado 9/07/2016).
13. Wey-Fabrizius AR, Herlyn H, Rieger B, Rosenkranz D, Witek A, Mark Welch DB, *et al.* Transcriptome data reveal syndermatan relationships and suggest the evolution of endoparasitism in acanthocephala via an epizoic stage, PLoS ONE. 2014;9(2). Article number e88618.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.