

Artículo reseña

EVOLUCIÓN DE LOS PARÁSITOS: CONSIDERACIONES GENERALES

J.G. Rodríguez Diego*, J.L. Olivares**, J. Arece *** y E. Roque****

*Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Apartado 10, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. Correo electrónico: jesus@censa.edu.cu; **Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X). Calzada del Hueso No. 1100. Col. Villa Quietud, Deleg. Coyoacán, México 04960; ***Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Central España Republicana. CP. 44280. Matanzas, Cuba; ****Departamento de Prevención. Facultad de Medicina Veterinaria. UNAH. San José de las Lajas, La Habana, Cuba

RESUMEN: Se realiza un análisis de la bibliografía existente sobre la evolución parasitaria desde los procariotas hasta los eucariotas y las adaptaciones ocurridas para alcanzar el estadio parasitario de los endo y ectoparásitos. Se brindan algunos ejemplos de estudios realizados por los autores.

(Palabras clave: evolución; procariotas; eucariotas; parasitismo)

EVOLUTION OF PARASITES: GENERAL CONSIDERATIONS

ABSTRACT: An analysis of literature is carried out relating parasite evolution, from prokaryotes, their pass to eukaryotes and adaptations occurring in parasites in order to reach the stage of endo and ectoparasites. Some examples of studies made by the authors are provided.

(Key words: evolution; prokaryotes; eukaryotes; parasitism)

INTRODUCCIÓN

El surgimiento de las primeras células vivas más simples, los Procariotas, data de unos 3.500 millones de años y tuvieron como antecesor a los "progenote". Estos organismos obtenían la energía necesaria para sus procesos metabólicos, a partir de la materia orgánica pre-sintetizada (1).

Las células procariotas, se asemejaban a las bacterias metanógenas y clostridiales. Ellas evolucionaron, fundamentalmente, hacia un modo de metabolismo aeróbico o débilmente aeróbico durante la mitad del Precámbrico, cuando apareció la fotosíntesis aeróbica que implantó un cambio ambiental importante, con el aumento progresivo del tenor de oxígeno que conllevó que la atmósfera terrestre deviniera de reductora a oxidante. Esto les permitió alcanzar la mayoría de los hábitat (2). La formación de la célula eucariota es considerada como el evento más importante de la evolución debido al origen de la vida misma y al establecimiento de las células fotosintéticas (3).

De esas células surgieron dos troncos; uno dio lugar a Arqueobacteria y Eubacteria y el otro a Eucariota (4, 5); las tres ramas a las que pertenecen los seres vivos actuales

La relación y antigüedad de los diferentes grupos eucariotas, se ha establecido sobre la base de las propuestas de varios autores (3, 6, 7, 8) tomando en consideración los árboles producidos por la comparación de los ARN de las fracciones 18S, junto a datos geológicos y hallazgos fósiles. De acuerdo a esa propuesta, se estableció la relación filogenética existente entre Eubacteria y Arqueobacteria. Los eucariotes, que adquirieron citoesqueleto, núcleo, flagelo/centrosoma, mitocondrias y aparato de Golgi, a lo largo de su evolución dieron lugar a los miembros de Archezoa, Protozoa y posteriormente a los organismos pluricelulares, entre los que figuran los componentes de Animalia (1).

Dentro de las principales características de los eucariotas está la presencia de núcleo (*eu* significa

verdadero, o bueno, y *karyon* almendra o nuez) con membrana nuclear que lo aísla del citoplasma. Además, poseen orgánulos semejantes entre sí, en cuanto a su estructura supramolecular. Entre ellos, son importantes las mitocondrias que desempeñan una función fundamental en el mecanismo energético celular; los plástidos de los eucariotas autótrofos y los flagelos o cilios con una organización fibrilar, presencia de aparato mitótico, entre otros. Además, presentan otros orgánulos y estructuras que faltan en los procariotes, como aparato de Golgi, retículo endoplásmico y vacuolas. La reproducción puede ser asexual o sexual y se caracterizan, bioquímicamente, por el uso de la vía Embden-Meyerhof del metabolismo de la glucosa, la presencia universal de las oxidaciones del ciclo de Krebs y la maquinaria de síntesis de las proteínas (1).

Origen de los parásitos

El parasitismo data de millones de años (8), aunque existen relativamente pocas evidencias fósiles de ello. Se ha notificado la presencia de huevos de nematodos en las heces fósiles de reptiles procedentes del Mesozoico, de la pulga *Paleopsyella klebsiana* e insectos procedentes del Oligoceno que estaban incluidos en el ámbar y escorpiones fósiles procedentes del Carbonífero (1).

Todas las evidencias hacen suponer que los parásitos fueron, originalmente, organismos de vida libre que lograron contacto sistemático con el posible hospedero de lo que devino una asociación. En todos los casos, esa asociación hubo de desarrollarse gracias a la adaptación producida entre los dos organismos, lográndose finalmente un equilibrio en la misma. De esta manera, encontraron un medio bioquímico y biofísico tal que pudieron adaptarse de forma relativamente sencilla (1).

Existen tres propuestas sobre las cuales se explica la aparición del parasitismo (9):

- la ingestión del "pre-parásito" por su hospedero.
- la inoculación del agente a través de artrópodos vectores.
- la invasión activa por parte de los mismos "pre-parásitos".

Mientras mayor fue el contacto entre el "pre parásito" y el futuro hospedero, mayor fue la probabilidad de asociación. El primero debió ser capaz de atravesar los mecanismos defensivos del segundo y los dos organismos debieron establecer algún tipo de relación que los llevó a una situación que, inicialmente, se pensó era una dependencia nutricional (1). Este

criterio se amplió cuando se determinó la naturaleza de la asociación, el carácter fisiológico de la misma, la interdependencia bioquímica con tendencia a la estabilidad por pérdida o adquisición mutua de información genética y todo ello dentro de un contexto ecológico, teniendo en cuenta que el medio del parásito está representado por el propio hospedero (9). Estos procesos conllevaron aparejados, adaptaciones genotípicas y fenotípicas.

Actualmente, se conoce que el parásito depende metabólicamente y evolutivamente del hospedero, estableciéndose entre ambos contacto e intercambio macromolecular, con lo cual de forma actual o potencial ocasiona acciones patógenas o modificaciones del equilibrio homeostático del hospedero y de la respuesta adaptativa de su sistema inmune. El parasitismo se puede comparar con un fenómeno peculiar de megaevolución como resultado de una especiación y se enmarca en el mecanismo universal de la evolución (7).

Las evidencias paleontológicas con que se contaban hasta hace décadas, permitían suponer que la diferenciación de los grandes grupos de seres vivos se produjo de forma uniforme. No obstante, el análisis de secuencias ribosómicas ha puesto en evidencias que los parásitos son extremadamente divergentes, con distancias de magnitud mayor que las que puedan existir entre mamíferos y peces (10).

Evidentemente, el parasitismo ha tenido más de un origen filogenético en diferentes períodos de tiempo, toda vez que resulta poco probable que todas las especies hayan seguido idénticas vías evolutivas. Por otra parte, los mecanismos determinantes del cambio a una forma de vida parásita pudieron ser muy variables. En unos casos, pudo ser la necesidad de alimento o alojamiento y, en otras, una asociación meramente accidental (11).

Se considera (12) que los parásitos dependen de expresiones génicas de sus hospederos, por haber perdido sus propios mecanismos. Inversamente, los parásitos adquieren, por convergencias adaptativas o por otros mecanismos, información similar a la de sus hospederos, lo que les convierte en mejores parásitos, evadiendo exitosamente las defensas inmunes de aquellos. Desde el punto de vista inmunológico, el parasitismo puede considerarse un éxito si el parásito se integra en el hospedero de manera que no se le considere exógeno (1). Los estudios sobre el intercambio macromolecular en el diálogo químico entre el parásito y su hospedero, deberán ser profundizados en el futuro (13).

Adaptaciones al parasitismo

• *Endoparasitismo*

El origen de las actuales especies parásitas resulta muy diverso. Se considera (1) que un tipo de endoparasitismo pudo tener un origen accidental por la ingestión de huevos o larvas de vida libre lo cual, en algunas especies, propició el parasitismo obligado, con la consecuente disminución de las fases larvarias exógenas. Un ejemplo de ello, lo encontramos en los ascáridos, en los cuales las larvas se desarrollan en el interior de los huevos eliminados al medio externo y solo se liberan cuando estos son ingeridos por un hospedero.

Otras especies, que mantenían un tipo de parasitismo facultativo, evolucionaron a una forma de parasitismo obligado, como es el caso de ciertos rhabdítidos cuyo fase exógena se ha llegado a caracterizar por la alternancia de generaciones libres y parásitas. Una evidencia de ello son las especies del género *Strongyloides*, actualmente parásitas de diversas especies animales y que pueden sobrevivir como especies de vida libre mediante una fase heterogónico en su ciclo (14). En Cuba, durante el estudio del ciclo biológico de *S. papillosus* realizado por algunos de los autores de este artículo (14) se evidenció el desarrollo de fases homogónicas y heterogónicas bajo determinadas condiciones, como recordatorio de sus ancestros. Estos mecanismos garantizan, evidentemente, la perpetuación de la especie al permitir la multiplicación de los estadios del ciclo. Otro ejemplo se muestra en aquellas especies que sufren una adaptación completa a su hospedero, al cual no abandonan en ningún momento de su vida, como ocurre en las especies del género *Trichinella* (1).

El tipo de endoparasitismo pudo estar, también, asociado con hábitos inicialmente ectoparásitos, como es el caso de los parásitos hemáticos actuales. Un ejemplo de ello lo encontramos en las especies de *Babesia* o *Theileria*. Estas fueron, originalmente, parásitos del aparato bucal de invertebrados (garrapatas) y posteriormente pasaron a ser inoculados a animales vertebrados, y posteriormente al humano, a través de los hábitos hematófagos de aquellos. Ese paso paulatino de los organismos al torrente circulatorio de los hospederos vertebrados les permitió adaptarse y encontrar condiciones favorables para el desarrollo. El mismo proceso sucedió con otras especies como *Plasmodium*, causantes de Malaria en el humano, que posteriormente ampliaron su rango de hospederos (1).

Por otro lado, la colonización del tracto gastrointestinal de los vertebrados es uno de los más notables logros del parasitismo. El sistema digestivo constituye un hábitat para numerosos helmintos y protozoos que causan cambios estructurales y funcionales en la fisiología digestiva del hospedero. Los cambios fisiopatológicos y patológicos relacionados con la presencia de parásitos han sido examinados utilizando varios modelos de recepción parasitaria (15, 16).

Pudiéramos citar varios ejemplos de adaptaciones relacionadas con lo expuesto anteriormente. Uno lo constituye el fenómeno de hipobiosis que se pone de manifiesto en muchas especies de estrombilidos. En estudios efectuados por algunos de los autores en *Oesophagostomum columbianum*, en México, se evidenció que el helminto realiza una migración tisular para permanecer en estado latente hasta que las condiciones externas sean favorables para el desarrollo (17). Por otro lado, la fase endógena del protozoo *Eimeria tenella*, que fue estudiada en detalle (18), constituye un ejemplo de alternancia de generaciones sexuales y asexuales endógenas, como un modo de lograr una gran cantidad de expulsión de oocistos al medio externo que garantice la permanente infección de las aves y así la perpetuidad de la especie.

Algunos helmintos, como es el caso de *Dictyocaulus viviparus*, lograron, a través de los años, mecanismos de adaptación interesantes. Ese parásito evolucionó garantizando la diseminación de sus larvas, en el entorno. Según estudios de algunos de los autores de este artículo, en Cuba, se comprobó que ese helminto utiliza el mecanismo de dispersión de las esporas del hongo *Pilobolus* sp para la diseminación de sus estadios infestivos y así suplir la poca movilidad de las L III del nematodo para migrar fuera de la materia fecal hacia el pasto (19).

Durante el proceso evolutivo muchas especies se han distanciado de patrones biológicos antagónicos. No obstante, algunas características actuales recuerdan a los ancestros, en especies de helmintos de interés veterinario. Por ejemplo, los estudios efectuados en la fase exógena de *Stephanurus dentatus*, en Cuba, mostraron que, aunque ese helminto no utiliza anélidos como hospedero intermediario como si lo hacen algunos Syngamidae de los que proviene, sí puede acudir a lombrices de la familia Megascolecidae como hospedero paratenico (20) rememorando en algo características ancestrales.

• *Ectoparasitismo*

Por el contrario, el modo de vida ectoparásita deviene, en muchos casos, de una asociación inicialmente simbiótica que posteriormente se convirtió en parasitismo, o de formas predadoras que especializaron progresivamente sus hábitos, alimentándose de sus presas durante períodos de tiempo cada vez más prolongados hasta que el contacto llegó a hacerse imprescindible (21).

Las diversas formas de ectoparasitismo que se conocen actualmente, como el parasitismo accidental, permanente, ocasional, facultativo, etc, permite deducir que se trató de un proceso de cambio de forma de vida que para ciertos grupos todavía es relativamente reciente (1). Por ejemplo los cambios de los tendencias de oviposición de organismos que eran, primeramente, de vida libre como las hembras del díptero *Wholfartia magnífica*, moscas de vida libre en un inicio y que se adaptaron paulatinamente a ovipositar sus huevos en úlceras o heridas (22, 23), permitieron ampliar su rango de localización a la boca, ojos o nariz del hombre y los animales. De igual forma ocurrió con calliforidos que han devenido parásitos obligados y productores de miyiasis cutánea (24, 25, 26) luego de un largo proceso de adaptación de sus larvas, de un tipo de alimentación a otro. En estudios realizados en Cuba (25) se constató la amplia extensión de hospederos y de causas primarias existentes para la implantación de las larvas del gusano barrenador del ganado, *Cochliomyia hominivorax*, aspecto que evidencia un gran poder de adaptación para sobrevivir. De igual manera, se comprobó que *C. macellaria*, considerada como agente secundario en la heridas (27) puede, en determinadas condiciones, llegar a ser causante de miyiasis primaria (28), como otra forma de adaptación.

La diferencia entre las adaptaciones al parasitismo de los mosquitos y los insectos predadores es poca, ya que la relación con sus hospederos se ha reducido a un contacto temporal en el momento de alimentarse. Otros artrópodos como los piojos, establecieron contacto prolongado con los vertebrados en los que desarrollan todo su ciclo biológico. Los ixódidos, por ejemplo, han tenido que adaptarse a biotipos abiertos, a hospederos que no utilizan lugares permanentes como refugio, como es el caso de los ungulados (1).

En resumen, por lo explicado anteriormente se evidencia que los eucariotas han devenido en una amplia variedad de organismos en los cuales se incluyen los parásitos y que han contribuido a diversificar las múltiples formas de adaptación de los seres

vivos acorde con las condiciones cambiantes en la evolución del planeta.

REFERENCIAS

1. Sánchez C. Origen y evolución del parasitismo. Discurso de ingreso. Academia de Ciencias de Zaragoza. 2000; 12 de diciembre. Zaragoza. España.
2. Schopf JW. La evolución de las células primitivas 1979; pp 49-68. Ed. Labor. España.
3. Curtis H, Barnes NS. Biología. 1997; 5 Ed. Editorial Medica Panamericana. Buenos Aires. Argentina.
4. Woese CR. Bacterial evolution. Microbiological Reviews 1987; 51: 221-271.
5. Sogin ML. Early evolution and the origin of Eukaryotes. Curr Op Genet Des. 1991;1:457-463.
6. Cavalier-Smith T. The Protozoan phylum Opalozoa. J Euk Microbiol. 1993;40(5):609-615.
7. Martínez Fernández A. El parasitismo y otras asociaciones biológicas. Parásitos y hospedadores. Parasitología Veterinaria. 1999; pp 22-38. Mc Graw-Hill. Interamericana
8. Poulin R. The evolution of life history strategies in Parasitic Animals. Adv Parasitol. 1996;37:107-134.
9. Cheng TC. Parasitología general. 1986; 2nd edition. Academic Press Inc. Orlando. Florida.
10. Tait A. Genetic exchange and evolutionary relationships in protozoan and helminth parasites. Parasitology. 1990;100:75-87.
11. Poulin R. Evolutionary Ecology of Parasites 1998; pp 212. Chapman and Hall. London. U.K.
12. Nel S, Maynard Smith J. The evolutionary biology of molecular parasites. Parasitology. 1990;100:55-518.
13. Despommier DD. *Trichinella spiralis*. The worm that would be virus. Parasitology Today. 1990;6(6):193-196.
14. Rodríguez Diego JG, Breza, M. Estudio del ciclo biológico de *Strongyloides papillosus*. Rvta CNIC. 1975;6(2):265.
15. Coop R L, Kyriazakis I. Nutrition-parasite interaction. Vet Parasitol. 1999;84:187-204.

16. Hoste, H. Adaptive physiological processes in the host during gastrointestinal parasitism. *Int J Parasitol.* 2001;31:231-244.
17. Olivares JL, Rodríguez Diego JG, Herrera H, Cortés S, González O. Infestación experimental de *Oesophagostomum columbianum* en ovinos. *Rev Salud Anim.* 2001;23(2):118.
18. Gómez E, Rodríguez Diego JG, Blandino, T. Caracterización *Eimeria tenella* en Cuba II. Fase endógena. *Rev Salud Anim.* 1983;5:695.
19. Rodríguez Diego JG, Roque E, Izquierdo F, Švarc R. The role of *Pilobolus* spp in dissemination of the infective larvae of *Dictyocaulus viviparus* in Cuba. *Helminthologia.* 1983;20:33.
20. Rodríguez Diego JG, Brandt J. Algunas consideraciones sobre una Familia de Annelida en la infestación con *Stephanurus dentatus*. *Rev CNIC.* 1978;9(2):275.
21. Dogiel VA. *General Parasitology* 1964; Oliver & Boyd. Edinburg.
22. James MT. A study in the origin of parasitism. *Bull Entomol Soc of America.* 1964;15:251-253.
23. Spradbery JP. Screw-worm Fly: a Tale of Two Species. *Agric Zoo Reviews.* 1994;6:3-6.
24. Rodríguez Diego JG, Córdova Ramos G, Arozarena R. First notification of cattle screw worm (*Cochliomyia hominivorax*) in a human case, in Cuba. *Rev. Salud Anim.* 2007;29(3):193.
25. Rodríguez Diego JG, Blandino T, Alonso, Mendoza E, Seoane G, Fegel N. Presence à Cuba de la lucilie boucherie. *Rev Elev Med Vet Pays Trop.* 1996;49(3):223- 225.
26. Rodríguez Diego JG, Alonso M, Blandino T, Mendoza E, Seoane G, Fegel N. *Lucilia* sp, agente productor de miasis en Cuba. *Rev. Salud Anim.* 1997;19(1):53-55.
27. Hall MJR. La Mosca del Gusano Barrenador del Ganado como agente de Myiasis Cutánea. *Rev Mundial de Zootécnia* 1991; Número especial, octubre:8.
28. Rodríguez Diego JG, Blandino T, Alonso M, Mendoza E, Seoane G, Fegel N. Presencia de *Cochliomyia. macellaria* en las miasis en Cuba. *Rev. Salud Anim.* 2000;22(1):1-3.

(Recibido 2-11-2008; Aceptado 20-1-2009)

CENSA
CENTRO NACIONAL
DE SANIDAD AGROPECUARIA

Su solicitud. . .
Dr.C. Jesús Rodríguez Diego
E.mail: jesus@censa.edu.cu

Maestrias en:

- Reproducción Animal ■
- Microbiología Veterinaria ■

Doctorados en:

- Farmacología Veterinaria ■
- Toxicología Veterinaria ■
- Epizootiología ■
- Reproducción Bovina ■
- Patología Veterinaria ■
- Virología Veterinaria ■
- Inmunología Veterinaria ■
- Bacteriología Veterinaria ■
- Parasitología Veterinaria ■
- Producción y Calidad de la leche ■