

Análisis de BPA para los hospederos de los clados de *Symbiodinium* (Dinophyceae)

JUAN JOSÉ ALVARADO ^{1,2} Y AXEL P. RETANA-SALAZAR ³

¹Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica; 2060 San Pedro, San José, Costa Rica; e-mail: juanalva76@yahoo.com

²Museo de Zoología, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.

³Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (CIEMic), Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica, 2060 San Pedro, San José, Costa Rica; e-mail: apretana@cariari.ucr.ac.cr

RESUMEN. Las relaciones entre las zooxantelas y sus hospederos son un caso típico de asociación simbiótica, sin embargo hace falta definir si estas relaciones son de tipo específico o si los factores que delimitan estas relaciones son tan solo ecológicos. Se elaboró un análisis de BPA, usando el consenso de los principales trabajos publicados sobre las filogenias de estos simbioses y sus hospederos. El tipo de asociación coevolutiva entre el parásito y sus hospederos, indica que el simbiote zooxantela y el hospedero *Zoantharia* poseen una relación de amplia cohabitación y sin coespecificación. Este patrón evidencia claramente que la relación entre las zooxantelas y los *Zoantharia* está restringida por factores ligados a la ecología de ambos grupos más que a una relación evolutiva de largo plazo. El análisis de BPA indica una proximidad entre las zooxantelas y sus hospederos de un 78%, lo que indica que existe una fuerte tendencia por parte de las zooxantelas de formar asociaciones específicas con grupos particulares de hospederos, pero que los factores iniciales que establecen estas relaciones son de carácter ecológico.

PALABRAS CLAVE. *Symbiodinium*, BPA, coevolución, simbiosis.

ABSTRACT. The relationship between zooxanthellae and their host are a typical case of symbiotic association, how ever there is a need to define if those relationships are specific or if the factors that rules them area just ecological. We elaborate a BPA analysis, using the consensus of the principal phylogenetic trees about this simbioses and their host until now. The kind of coevolution association between the parasite and their host show that that the zooxanthellae and their zoantharia host posses a wide relationship of cohabitataion without co-specification. This patterns show clearly that the zooxanthellae and *Zoantharia* are restrict by ecological factors more than by evolutionary ones. The BPA analysis indicated an approximation between the zooxanthellae and their host of 78%, that show that there is a strong tendency by the zooxanthellae to perform specific associations with particular group of hosts, but the initials factors that establish that relationship were ecological.

KEY WORDS. *Symbiodinium*, BPA, coevolution, simbiosis.

INTRODUCCIÓN

Las relaciones entre las zooxantelas y sus hospederos Anthozoa son un caso típico de asociación simbiótica. Sin embargo, aunque esto se toma como un hecho no existen evi-

dencias analíticas que hincen el tipo y el grado de afinidad de la relación con los hospederos, para definir si estas relaciones son de tipo específico o si los factores que delimitan estas relaciones son tan solo ecológicos (Brooks 1981).

Las zooxantelas (Dinoflagelados), que son algas microscópicas pertenecientes a la Clase Dinophyceae, que muestran una relación simbiótica con la Clase Anthozoa. En la literatura se pueden encontrar varias filogenias de las zooxantelas simbióticas pertenecientes al género *Symbiodinium* (Fig. 1, 2, 3). Sin embargo, son muy pocos los trabajos que tratan sobre la filogenia de los Cnidarios, y en especial de la Clase Anthozoa. Aquí se presenta la filogenia más reciente para esta clase (Fig. 4). En la Figura 4 se indica la relación de los diferentes estudios sobre la filogenia de *Symbiodinium*, con el fin de representar el problema en cuanto a la asignación de los grupos de algas a sus respectivos hospederos. Sin embargo, para elaborar el análisis de BPA, se tomó el consenso de los principales trabajos publicados (1991, 2001, 2003), debido a que toman diferentes especies como representantes de las subclases.

Es importante señalar, que las zooxantelas del género *Symbiodinium*, no solo se encuentran en los Anthozoos, sino que también se pueden observar en la clase Scyphozoa (A, B), en el Filo Porifera (C, D), la Clase Bivalvia (A, C), e Hydrozoa (B). Por lo tanto, las únicas algas exclusivas de los Anthozoos son E y F, mientras que el resto están bien distribuidas sin importar el hospedero. Además, la subclase Anthozaria es la que alberga la mayor cantidad de grupos de algas diferentes como simbioses.

ANÁLISIS DEL PATRÓN DE COEVOLUCIÓN

El patrón establecido por Brooks (1979) para determinar el tipo de asociación coevolutiva entre el parásito y sus hospederos, indica que el simbiote zooxantela y el hospedero Zoantharia poseen una relación de amplia cohabitación y sin coespeciación. Esto debido a que más de un hospedero posee el mismo parásito y que las topologías de las respectivas filogenias no son coincidentes.

Este patrón evidencia claramente que la relación entre las zooxantelas y los Zoantharia está restringida por factores ligados a la ecología de ambos grupos más que a una relación evolutiva de largo plazo.

ANÁLISIS DE BPA

Con base en las diferentes filogenias (Fig. 1, 2, 3) se construyó una matriz (Cuadro 1) de presencia (1) y ausencia (0) de las diferentes especies de zooxantelas indicando en cada caso sus posibles antepasados, inferidos en la topología de la filogenia.

El análisis de BPA indica una proximidad entre las zooxantelas y sus hospederos de un 78%, lo que indica que existe una fuerte tendencia por parte de las zooxantelas de formar asociaciones específicas con grupos particulares de hospederos, pero que los factores iniciales que establecen estas relaciones son de carácter ecológico. En el caso particular de los Anthozoa se exhibe cierta congruencia evolutiva en el orden de aparición evolutiva de los hospederos con la asociación de las zooxantelas. Zoantharia parece ser el grupo más derivado de los Cnidarios con el mayor número de zooxantelas, mientras que grupos más primitivos son los Foraminíferos (Filo Rhizopoda) o Hydrozoa (Filo Cnidaria) se encuentran en la base del árbol con pocas especies. Las especies más derivadas de zooxantelas aparecen en los grupos más derivados como los Zoantarios y los Bivalvos (Filo Mollusca), aunque también se hallan en la Clase Porifera. La presencia de zooxantelas altamente derivadas en grupos como Porifera es una confirmación del hecho de que las zooxantelas establecen sus lazos iniciales con los hospederos en función de limitantes ambientales. Estas especies más derivadas de zooxantelas pudieron ser adquiridas como una innovación en cierto grupo de esponjas que se encuentran en un ambiente arrecifal, y los hayan adquirido por migración de los

zoantarios, donde radiaron de nuevo dando lugar al grupo de zooxantelas D.

UN PATRÓN DE ESPECIACIÓN DETERMINADO POR FACTORES ECOLÓGICOS

Dentro de esto es claro que el patrón de especiación ha sido fuertemente influido por la separación geográfica de los hospederos como por la capacidad de los simbioses de colonizar un amplio espectro de hospederos debido a que las limitaciones específicas son debidas a factores de segregación ecológica en forma inicial pudiendo desembocar en sistemas de coespeciación estricta luego. Esto indica que los principales factores que están definiendo la segregación están determinados por los factores ecológicos que permiten o no la colonización de un nuevo hospedero.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los revisores anónimos que con sus comentarios fortalecieron este trabajo.

REFERENCIAS

- Brooks DR. 1979.** Testing the context and extent of host-parasite coevolution. *Syst. Zool.* 28: 299-307.
- Brooks DR. 1981.** Henning's parasitological method a proposed solution. *Syst. Zool.* 30: 229-249.
- Gou WL, Sun J, Li XQ, Zhen Y, Xin Z, Yu ZG, Il RX. 2003.** Phylogenetic analysis of a free-living strain of *Symbiodinium* isolated from Jiaozhou Bay, P.R. China. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 296: 135-144.
- LaJeneunesse TC. 2001.** Investigating the biodiversity, ecology, and phylonegy of endosymbiotic dinoflagellates in the genus *Symbiodinium* using the ITS region: in search of "species" level marker. *J. Phycol.* 37: 866-880.

Rowan R, Powers DA. 1991. A molecular genetic classification of zooxanthellae and the evolution of animal-algal symbioses. *Science* 251: 1348-1351.

Won JH, Rho BJ, Song JI. 2001. A phylogenetic study of the Anthozoa (phylum Cnidaria) based on morphological and molecular characters. *Coral Reefs* 20: 39-50.

Recibido: 10 Abril 2007.

Aceptado: 21 Noviembre 2007.

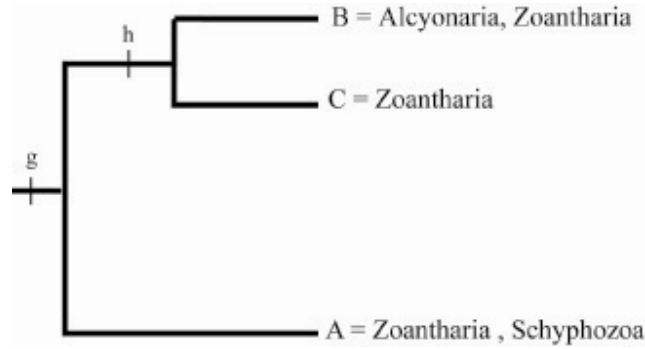


Figura 1. Filogenia de la algas simbióticas *Symbionidium* tomado de Rowan & Powers (1991) representación de sus posibles antepasados (g y h).

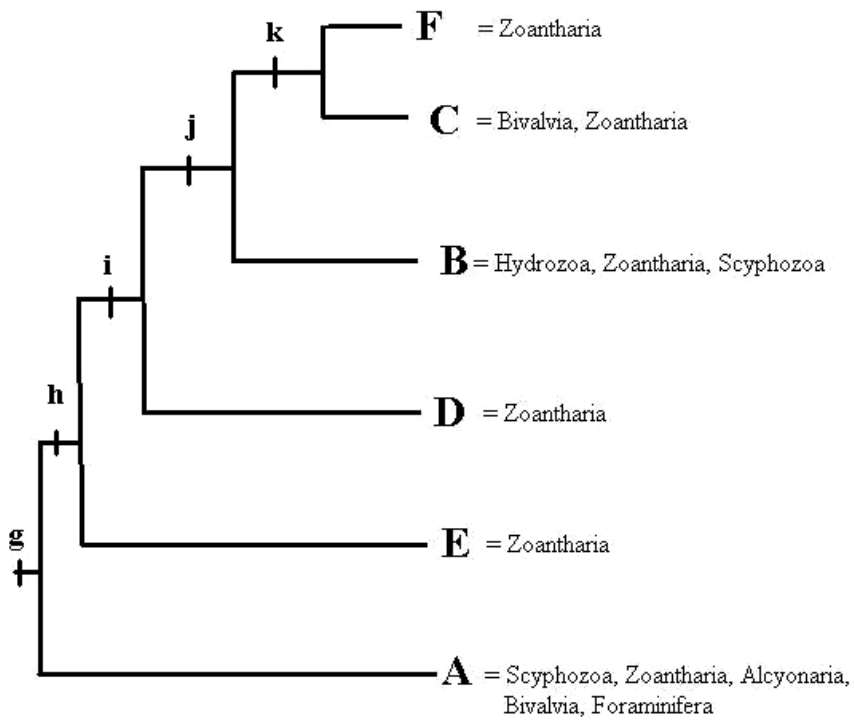


Figura 2. Filogenia de las algas simbióticas *Symbionidium* tomado de LaJeunesse (2001) y representación de sus posibles antepasados (g, h, i, j y k).

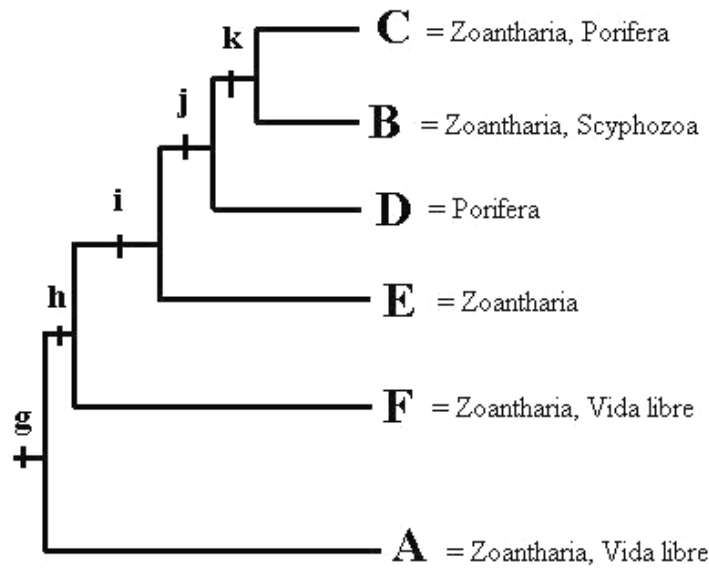


Figura 3. Filogenia de las algas simbióticas *Symbiodinium* tomado de Gou et al. (2003) y representación de sus posibles antepasados (g, h, i, j y k).

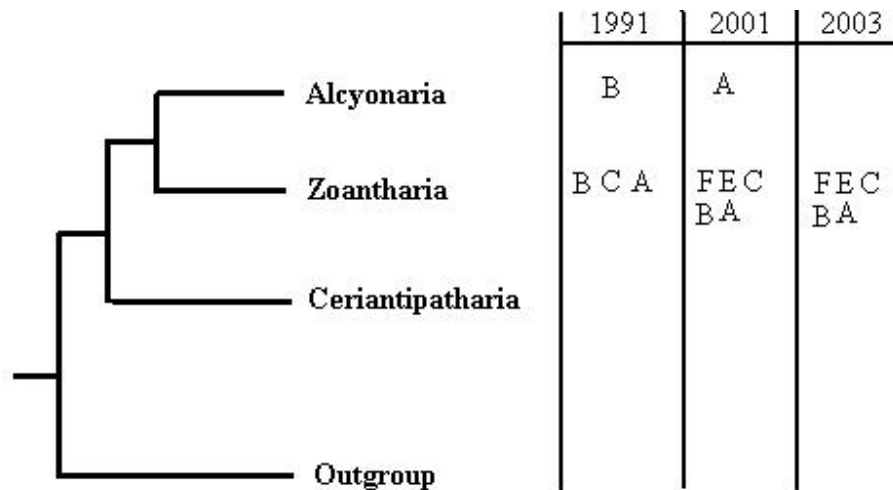


Figura 4. Filogenia de la clase Anthozoa y su relación con los diferentes grupos de zooxantelas dependiendo del autor, tomado de Won et al. (2001).

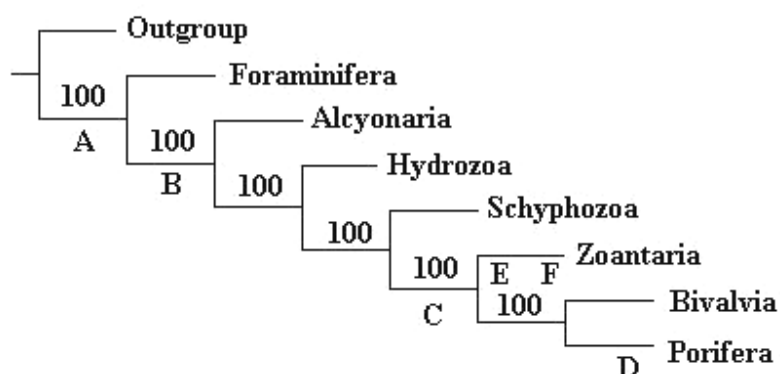


Figura 5. Filogenia de los hospederos de acuerdo a su zooxantela (CI = 78, RI = 80).

Cuadro 1. Matriz de presencia y ausencia de las diferentes especies de zooxantelas (A-F) y posibles ancestros (G-K) de acuerdo a su hospedero basado en las tres filogenias de Rowan y Powers (1991), LaJeunesse (2001) y Gou et al. (2003).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Outgroup	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcyonaria	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Zoantharia	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Bivalvia	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
Porifera	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
Scyphozoa	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Hydrozoa	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Foraminifera	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0