



ASPECTOS FILOGENÉTICOS E GEOGRÁFICOS NA EVOLUÇÃO DO NICHU ECOLÓGICO DE ESPÉCIES DE COBRAS CORAIS (SERPENTES: ELAPIDAE) DO NOVO MUNDOO

Aparecida Matumoto Coelho¹

José Alexandre Felizola Diniz¹; Levi Carina Terribile²

(¹Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Geral, Laboratório de Ecologia Teórica e Síntese; ²Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí) Contato (062) 9164 - 2111- cidamatumoto@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O debate acerca da evolução do nicho ecológico teve início na década de 90 e atualmente é um assunto de grande interesse, não só por este abranger a soma de todos os fatores ambientais atuando sobre um organismo (Hutchinson 1957), mas também por estar sujeito aos processos evolutivos de variação e seleção natural (Futuyma 1998, Chase & Leibold 2003).

Estudos recentes têm demonstrado que há uma tendência de o nicho permanecer constante ao longo da evolução (Holt 1996, Peterson *et al.*, 1999, Wiens & Graham 2005). A utilização de métodos filogenéticos comparativos (Cheverud *et al.*, 1985, Felsenstein 1985) associados a análises estatísticas de dados ecológicos tem revelado um alto grau de similaridade ecológica e fenotípica entre espécies próximas filogeneticamente, o que tem sido denominado de “conservação filogenética de nicho” (Wiens & Graham 2005).

A compreensão dos mecanismos básicos envolvidos tanto na conservação do nicho quanto na sua evolução ao longo do tempo nos permite inferir quais grupos são caracterizados por conservação, e quais por mudança de nicho, e ainda, que atributos as espécies possuem em comum (Wiens & Graham 2005, Pearman *et al.*, 2007).

A família Elapidae (cobras corais) é um grupo monofilético de serpentes pertencente à superfamília Caeenophidia, que inclui um total de 11 famílias conhecidas como serpentes ‘avançadas’ (Vidal & Hedge 2002; Kelly *et al.*, 2003; Vidal *et al.*, 2007). Os elapídeos estão entre os grupos mais derivados de Caenophidia, e, a despeito das controvérsias quanto a sua origem africana ou asiática, o grupo evoluiu durante o Mioceno (23.03-5.33 m.a.) (Keogh 1998; Scalon and Lee 2004).

Poucos estudos têm abordado evolução de nicho desse grupo de répteis (e.g., Bilcke *et al.*, 2006, Hoso *et al.*, 2007), especialmente em grandes escalas espaciais. Isso se deve principalmente a escassez de dados ecológicos (dieta, tamanho do corpo, reprodução), geográficos (mapas de distribuição ou

pontos de ocorrência) e filogenéticos (filogenias bem resolvidas e que incluam todas as espécies) para muitas espécies e em escalas espaciais amplas.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo testar hipóteses a despeito da evolução e sobreposição de Nicho das espécies de serpentes da família Elapidae no Novo Mundo. As Hipóteses a serem testadas são: 1) Espécies geograficamente mais próximas têm nichos semelhantes; 2) Espécies filogeneticamente mais próximas apresentam maior sobreposição de nicho, o que seria esperado se as espécies apresentam uma tendência à conservação de seus nichos.

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Dados de ocorrência das espécies e filogenias

Foi organizada uma lista das espécies de cobras corais para o Novo Mundo, tomando - se como base a filogenia do trabalho de Campbell & Lamar (2004). A partir dessa lista foi feito um levantamento dos pontos de ocorrência das espécies extraídos de Campbell & Lamar (2004), bem como de bancos de dados de coleções herpetológicas (ver lista de coleções herpetológicas utilizadas em Terribile & Diniz - Filho 2009).

3.2 - Modelagem do nicho ecológico

Os modelos de distribuição geográfica potencial das espécies de Elapidae foram modelados por meio do método MAX-ENT (Método de Máxima Entropia, Phillips *et al.*, 2006) que é um método capaz de realizar previsões (probabilidades de ocorrência) a partir de informações incompletas (pontos de ocorrência conhecidos) e variáveis ambientais.

As variáveis ambientais utilizadas neste estudo que incluem informações de clima (temperatura média anual e coeficiente de variação; precipitação total, precipitação anual e coeficiente de variação) e topografia (altitude, relevo e inclinação), foram obtidas a partir de WorldClim

(<http://www.worldclim.org/>) e Hydro - 1K global digital elevation model (<http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/hydro/>) e processadas a uma resolução de 0.0417°.

3.3 - Análise de sobreposição de nicho

O nicho modelado de cada uma das espécies foi mapeado em uma grade de células com resolução espacial de 1° de latitude por 1° de longitude. A partir desse mapeamento, foram aplicados métodos de quantificação da sobreposição do nicho entre pares de espécies por meio do método de distância euclidiana (Krebs 1989).

3.4 - Matriz de distância geográfica

Os dados de ocorrência das espécies foram transformados em vetores de presença ou ausência sobre a grade de 1° de latitude por 1° de longitude, a partir da qual foi calculada a 'similaridade geográfica' (i.e., proximidade das distribuições), utilizando - se o índice de similaridade de Jaccard descrito por Muller - Dombois & Ellenberg (1974).

3.5 - Matriz de distância filogenética

A partir da filogenia de Campbell & Lamar (2004) foi gerada uma matriz de distância filogenética entre pares de espécies por meio da rotina PDDIST do programa PDAP (Phenotypic Diversity Program) (Garland *et al.*, 1993).

3.6 - Análises de correlação entre matrizes

O teste de Mantel foi utilizado para testar a correlação entre as matrizes de nicho, distância filogenética, e de distribuição geográfica (Manly 1994).

RESULTADOS

Não houve correlação entre a matriz de similaridade de nicho e a matriz de distância filogenética ($r = 0.12$ e $P = 0.98$). Já para as matrizes de nicho e ocorrência geográfica foi encontrada uma fraca correlação negativa ($r = - 0.25$ e $P < 0.01$). As demais matrizes foram correlacionadas entre si, mas nenhuma relação foi detectada.

Os resultados mostram que a similaridade de nicho entre as serpentes Elapidae do Novo Mundo está associada à distribuição geográfica das mesmas. A correlação negativa entre elas implica que quanto mais próximas geograficamente as espécies de serpentes estiverem, mais similares serão o nicho das mesmas. Isso corrobora a nossa primeira hipótese. Isso está de acordo com a idéia de Grant (1972) de que, em larga escala, organismos que co - ocorrem demonstram estar adaptados ao mesmo ambiente.

As análises mostraram ainda que não há uma relação direta entre as distâncias médias de ocorrência dos elapídeos e a filogenia. Apesar do pressuposto de que espécies que possuem relações filogenéticas fortes apresentariam também relações ecológicas fortes (Graham *et al.*, 2004; Knouft *et al.*, 2006; Kozak & Wiens 2006), pode não haver relação filogenética e similaridade de nicho em situações onde a divergência ecológica tenha mostrado um papel significativo no processo de especiação (Stockman *et al.*, 2006). É esperada teoricamente uma forte relação filogenia - nicho para espécies vicariantes, ou seja, espécies irmãs com nichos similares, mas que são separadas por uma área potencialmente não - habitável (Peterson *et al.*, 1999; Kozak & Wiens 2006), e isto não se aplica em larga escala à distribuição dos elapídeos.

CONCLUSÃO

Para o grupo dos elapídeos (cobras corais), espécies geograficamente mais próximas têm nichos semelhantes, e espécies filogeneticamente mais próximas não apresentam maior sobreposição de nicho, o que indica que fenômenos de divergência ecológica tenham um papel significativo no processo de especiação deste grupo.

REFERÊNCIAS

- Bilcke, J. Herrel, A. & Van Damme R. 2006. Correlated evolution of aquatic prey - capture strategies in European and American natricine snakes. *Biological Journal of the Linnean Society*, 88, 73–83.
- Campbell, J.A. & Lamar, W.W. 2004. The venomous reptiles of the Western Hemisphere, Vol I and II. Cornell University Press, New York.
- Chase, J.M. & Leibold, M.A. 2003. Ecological Niches: linking classical and contemporary approaches. The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Cheverud, J.M., Dow, M.M. & Leutenegger, W. 1985. The quantitative assessment of phylogenetic constraints in comparative analyses: sexual dimorphism in body weight among primates. *Evolution*, 39, 1335–1351.
- Felsenstein, J. 1985. Phylogenies and the comparative method. *The American Naturalist*, 125, 1–15.
- Futuyma, D.J. 1998. *Evolutionary Biology*. 3rd Edition. Sinauer Associates, Massachusetts.
- Garland, T. Jr., Dieckrman, A. W., Janis, C. M., Jones, J. A. 1993. Phylogenetic analysis of covariance by computer simulation. *Systematic Biology*, 42, 265 - 292.
- Graham, C.H., Ron, S.R., Santos, J.C., Schneider, C.J. & Moritz, C. 2004. Integrating phylogenetics and environmental niche models to explore speciation mechanisms in dendrobatid frogs. *Evolution*, 58, 1781–1793.
- Grant, P. R. 1972. Convergent and divergent character displacement, *Biol. J. Linn. Soc.*, 4, 39 - 68.
- Holt, R.D. 1996. Adaptive evolution in source - sink environments: direct and indirect effects of density - dependence on niche evolution. *Oikos*, 75, 182–192.
- Hoso, M., Asami, T. & Hori, M. 2007. Right - handed snakes: convergent evolution of asymmetry for functional specialization. *Biology Letters*, 3, 169–173.
- Hutchinson, G.E. 1957. Concluding Remarks. *Cold Spring Harbor Symposium in Quantitative Biology*, 22, 415–427.
- Kelly C.M.R., Barker N.P. & Villet M.H. 2003. Phylogenetics of advanced snakes (Caenophidia) based on four mitochondrial genes. *Systematic Biology*, 54: 439 - 49.
- Keogh, J.S. 1998. Molecular phylogeny of elapid snakes and a consideration of their biogeographic history. *Biological Journal of Linnean Society*, 63, 177–203.
- Knouft, J.H., Losos, J.B., Glor, R.E. & Kolbe, J.J. 2006. Phylogenetic analysis of the evolution of the niche in lizards of the *Anolis sagrei* group. *Ecology*, 87, S29–S38.
- Kozak, K. H. & Wiens, J.J. 2006. Does niche conservatism promote speciation? A case study in North American salamanders, *Evolution*, 60, 2604 - 2621.

- Krebs, C.J. 1989.** Ecological methodology. Harper Collins, New York, NY. 654p.
- Manly, B.F.J. 1994.** Multivariate statistical methods: a primer. 2nd ed. London, Chapman & Hall.
- Müller - Dombois, D. & Ellenberg, H. 1974.** Aims and methods in vegetation ecology. New York. John Wiley and Sons.
- Pearman, P.B., Guisan, A., Broennimann, O. & Randin, C.F. 2007.** Niche dynamics in space and time. Trends in Ecology and Evolution, 23, 149–158.
- Peterson, A.T., Soberón, J. & Sánchez - Cordero, V. 1999.** Conservatism of ecological niches in evolutionary time. Science, 285, 1265–1267.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. & Schapire, R. E. 2006.** Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling, 190, 231–259.
- Scanlon, J.D. & Lee M.S.Y. 2004.** Phylogeny of Australasian venomous snakes (Colubroidea, Elapidae, Hydrophiinae) based on phenotypic and molecular evidence. Zoologica Scripta, 33, 335–366.
- Stockman, A. K., Beamer, D. A. & Bond, J. E. 2006.** An evaluation of a GARP model as an approach to predicting the spatial distribution of a non - vagile invertebrate species, Diversity and Distributions, 12, 81 - 89.
- Terribile, L.C. & Diniz - Filho, J.A.F. 2009.** Spatial patterns of species richness in New World coral snakes and the metabolic theory of ecology. Acta Oecologica, 35, 163–173.
- Vidal, N., Delmas, A.S., David, P., Cruaud, C., Couloux, A. & Hedges, S.B. 2007.** The phylogeny and classification of caenophidian snakes inferred from seven nuclear protein - coding genes. Comptes Rendus Biologies, 330, 182–187.
- Wiens, J.J. & Graham, C.H. 2005.** Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology. Annual Review of Ecology and Systematics, 36, 519–539.