



EVOLUÇÃO DO NICHU CLIMÁTICO EM PRIMATAS DO NOVO MUNDO (PRIMATAS: PLATHYRRINI)

Andressa Duran Andreas L. S. Meyera Marcio R. Pie;

INTRODUÇÃO

Apesar do considerável interesse nos últimos anos a respeito da modelagem de distribuição das espécies (Peterson *et al.*, 1999; Guisan & Thuiller, 2005) e da conservação filogenética de nicho (e.g Wiens & Graham, 2005; Losos, 2008), pouco é conhecido sobre como os nichos climáticos mudam durante o tempo evolutivo (Pearman *et al.*, 2008). Este conhecimento é de grande importância para compreender os mecanismos que determinam os limites das distribuições das espécies, assim como para inferir como diferentes linhagens podem ser afetadas pelas mudanças climáticas. O advento de bancos de dados abrangentes sobre variáveis climáticas (Hijmans *et al.*, 2005) e a crescente disponibilidade de ferramentas de Sistema de Informação Geográfica – SIG, tem permitido o desenvolvimento de estudos que abordam estes temas. Nichos climáticos são multidimensionais, e é improvável que todas as dimensões do nicho evoluam de acordo com as mesmas regras. Em vez disso, muitas características têm mostrado exibir direções preferenciais de mudança – lines of least resistance (LLR) – que afetam fortemente o potencial evolutivo e a direção da evolução (Schluter, 1996). Desta forma, tratar separadamente diferentes dimensões de nichos climáticas pode levar a uma discussão mais produtiva em vez de simplesmente testar a presença de conservação de nicho. Os primatas são um sistema modelo particularmente adequado para investigar a evolução de nicho climático, tendo em vista que a maioria das espécies provavelmente está descrita e suas respectivas distribuições geográficas são melhores compreendidas do que a maioria dos outros animais (Lehman & Fleagle 2006). O presente estudo centra-se, sobretudo, nos primatas do Novo Mundo da Infraordem Platyrrhini, a qual abrange espécies que ocupam uma variedade de habitats, desde as regiões mais secas como Caatinga e Cerrado, até as florestas tropicais úmidas, como ocorre com *Saguinus*, *Mico* e *Leontopithecus* (Rosenberger *et al.* 2009).

OBJETIVOS

O presente projeto propõe investigar, através de uma abordagem macroecológica, o tempo e modo da evolução de nicho climático em Platyrrhini, através da análise dos dados da distribuição dos primatas neotropicais em seus nichos climáticos em relação a sua história evolutiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com dados da distribuição geográfica de 140 espécies de primatas neotropicais, obtidos no banco de dados NatureServe (Patterson, 2012). As coordenadas geográficas destas áreas de distribuição foram integrados através do software ArcGis v 9.3 (ESRI, 2012), com informações referentes às condições ambientais de cada área, obtidas no banco de dados climático WorldClim GIS v 1.4 (Hijmans *et al.*, 2005). Devido ao elevado grau de colinearidade entre as variáveis climáticas foi utilizada a Análise dos Componentes Principais (PCA), e a seleção de quais componentes seriam interpretados foi feita com o método broken-stick. Para compreender o modo de evolução que ocorre ao longo de cada eixo do espaço do nicho dos platyrrhines, foram testados quatro modelos principais: White Noise (WN), Movimento Browniano (MB, utilizando Pagel, 1997), Ornstein-Uhlenbeck (OU;

Butler & King 2004), e o modelo Early Burst (EB; Harmon *et al.* 2010), sendo que a escolha do modelo de melhor ajuste foi feita através da utilização do critério de Akaike corrigido (AICc). Todas estas análises foram realizadas utilizando o software estatístico R (R Development Core Team 2012) e a filogenia disponível no trabalho de Bininda-Emonds *et al.* (2007), composta por 76 espécies de primatas do Novo Mundo.

RESULTADOS

Dos 20 componentes principais produzidos pela PCA, os dois primeiros somaram 75% da variação total dos dados e foram selecionados para as análises através do método broken-stick. O PC1 apresentou forte associação com padrões de temperatura, especialmente durante os meses mais frios e secos, enquanto o PC2 está associado com níveis de precipitação, particularmente durante estações secas, e com temperaturas quentes durante o verão. Quando os scores dos primeiros dois PCs são plotados em um gráfico, as cinco famílias de Platyrrhini parecem ocupar essencialmente as mesmas regiões do espaço de nicho climático. Quanto aos modelos evolutivos testados, apenas o PC1 apresentou sinal filogenético significativo ($\rho_{PC1}=0.84$, $p < 0.001$ e $\rho_{PC2}=0.79$, $p < 0.001$). O MB apresentou melhor ajuste para ambos os PCs em relação aos outros modelos testados.

DISCUSSÃO

A variação observada nos nichos climáticos de primatas do Novo Mundo sugere que nichos climáticos podem ser afetados pelo fenômeno da LLR, implicando que a mudança evolutiva pode ocorrer de forma diferenciada ao longo dos eixos do nicho. Os resultados mostraram que a temperatura, especialmente durante os meses mais frios, foi a variável climática mais importante na determinação das distribuições geográficas dos Platyrrhini, enquanto a precipitação teve um papel secundário. É importante ressaltar que este resultado não implica necessariamente na existência de diferenças fisiológicas intrínsecas entre as espécies, e uma explicação alternativa seria a de que a estrutura do próprio habitat é afetada diferencialmente pela temperatura, em relação à umidade, e que os platyrrhines estariam respondendo às mudanças no ambiente do que diretamente ao clima. O padrão de ocupação de espaço climático entre as espécies estudadas indica que, em geral, a totalidade do espaço climático foi completamente explorada por todas as famílias de platyrrhines, exceto para algumas espécies de Aotus. Este gênero tem hábitos noturnos e as espécies discrepantes vivem em regiões anormalmente secas. Essa discrepância pode representar um exemplo de exaptação, onde os hábitos noturnos serviram como condição necessária - mas não suficiente - que permitiu a ocupação de uma nova região de espaço climático.

CONCLUSÃO

A heterogeneidade no tempo e modo de evolução dos diferentes eixos do nicho climático pode ser mais prevalente do que atualmente assumida, e compreender essa heterogeneidade é um desafio importante para futuros estudos sobre conservação filogenética de nicho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BININDA-EMONDS ORP *et al.* (2007) The delayed rise of present-day mammals. *Nature* 446, 507–512.

BUTLER MA and AA KING (2004) Phylogenetic comparative analysis: a modeling approach for adaptive evolution. *American Naturalist* 164:683-695.

ESRI (2012) ArcGIS 9.3, Redlands, California, USA.

GUISAN A, THUILLER W (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8: 993-1009.

HARMON LJ *et al.* (2010) Early bursts of body size and shape evolution are rare in comparative data. *Evolution*

64: 2385-96.

HIJMANS RJ, CAMERON SE, PARRA JL, JONES PG, JARVIS A (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965–1978.

LEHMAN SM, & FLEAGLE JG (2006) *Primate biogeography: progress and prospects*. Springer.

LOSOS JB (2008) Phylogenetic niche conservatism, phylogenetic signal and the relationship between phylogenetic relatedness and ecological similarity among species. *Ecology Letters* 11: 995-1003.

PAGEL M (1997) Inferring evolutionary processes from phylogenies. *Zoologica Scripta* 26(4):331-348.

PATTERSON BD *et al.* (2012) version 3.0. NatureServe, Arlington, Virginia, USA.
<http://www.natureserve.org/getData/mammalMaps.jsp> Accessed in: 06 December 2012.

PEARMAN PB, GUIBAN A, BROENNIMANN O, RANDIN CF (2008) Niche dynamics in space and time. *Trends in Ecology and Evolution*. 23: 149-158.

PETERSON AT, SOBERON J, SANCHEZ-CORDERO V (1999). Conservatism of ecological niches in evolutionary time. *Science* 285:1265–1267. R Development Core Team (2012) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>. Accessed in: 05 November 2012.

ROSENBERGER AL, TEJEDOR MF, COOKE SB & Pekar S (2009) Platyrrhine ecophylogenetics in space and time. *South American Primates: Comparative Perspectives in the Study of Behavior, Ecology, and Conservation*. Springer 69–113.

SCHLUTER D (1996) Adaptive radiation along genetic lines of least resistance. *Evolution* 50: 1766–1774.

WIENS JJ, GRAHAM CH (2005) Niche conservatism: Integrating evolution, ecology, and conservation biology. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 36: 519–539.

Agradecimento