

As interações tróficas podem explicar a distribuição em grande escala de um predador?

Thiago SANTOS^{1,2}, José Alexandre F. DINIZ-FILHO¹.

¹ Programa de Pós Graduação em Ecologia e Evolução, Instituto de Ciências Biológicas

² thiagobioufg@gmail.com

Palavras-chave: nicho Eltoniano, nicho Grinnelliano, onça-pintada, presas

1. Introdução

O conceito nicho pode ser subdividido em duas partes: nicho Grinnelliano e nicho Eltoniano. O nicho Grinnelliano pode ser definido fundamentalmente por variáveis ambientais abióticas ou cenopoéticas e condições ambientais em larga escala (e.g. clima, geomorfologia) (Soberón, 2007, 2010). Já o nicho Eltoniano, focado nas variáveis bionômicas, *i.e.* Interações bióticas e dinâmicas de consumo dos recursos, podem ser medidas principalmente em escala local (Soberón, 2007). Ambos são relevantes para o entendimento da distribuição das espécies no espaço, mas o nicho Eltoniano é mais fácil de medir em escala local (com maior resolução), característica da maioria dos estudos ecológicos, enquanto que o nicho Grinnelliano se encaixa melhor às escalas maiores (com resolução mais baixa), nas quais as áreas de distribuições são tipicamente definidas (Soberón, 2007).

Quando se trata da distribuição em grande escala dos organismos, os componentes cenopoéticas ou Grinnelliano do nicho são tidos como os fatores com maior poder explicativo/preditivo (Araújo e Guisan, 2006). Recentemente, porém, alguns autores mostraram que processos baseados em variáveis bionômicas ou Eltonianas não são necessariamente dominados pelos processos baseados nos fatores cenopoéticos, pelo menos não em resoluções mais finas (Leathwick e Austin 2007 e Heikkinen *et al.* 2007 para dados reais; Soberón 2010 para dados simulados). Os trabalhos mencionados que incorporaram fatores bióticos nos modelos de nicho, o fizeram através de algoritmos correlativos e não incorporam os mecanismos teóricos referentes à formação e a força das interações. Além disso, no caso de Heikkinen *et al.* (2007) a interação foi incorporada como presença e

ausência de algumas espécies das quais o organismo modelado dependia fortemente. Porém, o que acontece com as interações menos específicas e mais comuns? Elas apresentam o mesmo poder preditivo que aquelas mais específicas? Para responder tais questões é importante se basear nas teorias que explicam a ocorrência e a força das interações (Austin, 2007).

Duas espécies irão interagir se elas ocorrem no mesmo local e ao mesmo tempo (Vásquez *et al.* 2009). Além disso, as interações serão mais ou menos prováveis (e/ou mais ou menos fortes) dependendo das densidades populacionais, nas áreas e períodos de sobreposição (Vásquez *et al.* 2007, 2009). O fenótipo de cada espécie também é um fator importante como no caso da relação predador-presa: predadores irão se alimentar preferencialmente de presas que são pequenas o suficiente para serem capturadas e dominadas sem excessiva perda de energia e grande o suficiente para fornecerem ganho de energia. Assim, o objetivo desta sessão é testar a hipótese de que interação, pelos mecanismos teóricos discutidos, quando incorporadas em modelos de nicho, irão gerar predições mais acuradas.

2. Materiais e métodos

A hipótese será testada usando os dados de distribuição e dieta do maior felino americano, a onça-pintada, *Panthera onca* (Linneus 1758), principalmente devido à abundância de literatura sobre suas relações tróficas e a disponibilidade dos dados de ocorrência na base de dados do Laboratório de Ecologia Teórica e Síntese. Os registros das espécies de presas de *P. onca* foram compilados da literatura. Foram encontrados 19 estudos que descreverem, de alguma forma, a dieta de onça (alguns com mais de uma área de estudo e/ou mais de um período de observação) dos quais 17 basearam-se em análises de fezes e carcaças e dois descreverem ataque de onça a uma presa específica. A distribuição espacial das presas foi determinada a partir dos dados da *Natureserve* (disponíveis em <http://www.natureserve.org/>). A densidade foi modelada de acordo com a relação alométrica descrita por Silva e Downing (1995) e Silva *et al.* (2001) e distribuída espacialmente assumindo valor máximo no centroide da distribuição da espécie e decaindo em direção à periferia de acordo com uma função gaussiana (como empregado por Oliveira *et al.* 2009). A relação fenotípica foi modelada como a máxima densidade de predador com massa m_p suportada por uma presa com

densidade D e massa corporal m_i , de acordo com o modelo alométrico proposto por Carbone e Gittleman (2002). Este procedimento garante que o modelo de interação expresse a relação entre o fenótipo da presa e do predador (resumido como massa corporal). I foi construído ao longo de todo o continente americano, definido por um conjunto de células discretas quadradas com lado igual a 2,5 arc minutos.

Três conjuntos de variáveis explanatórias foram usados para modelar a distribuição do predador no Maxent (Philips *et al.* 2006): i) dez variáveis bioclimáticas Bc (temperatura média anual, sazonalidade da temperatura, temperatura máxima no mês mais quente, temperatura mínima no mês mais frio, temperatura média no trimestre mais úmido, temperatura média no trimestre mais seco, precipitação anual, precipitação no mês mais seco, precipitação no mês mais úmido, sazonalidade da precipitação, todas componentes da base de dados do WorldClim (Hijmans *et al.* 2005)); ii) variável de interação I ; iii) variável aleatória R_i com mesma média e variância de I . Três modelos foram gerados desta forma: i) apenas com Bc ; ii) com $Bc + I$; e iii) com $Bc + R_i$. Em cada modelo, o Maxent selecionou 100 conjuntos aleatórios de dados destinados a treino (70 % dos pontos de ocorrência) e a teste (30% dos pontos de ocorrência). Foram usadas as médias dos resultados finais derivados destes conjuntos. A medida de acurácia dos modelos foi aferida pelo AUC, usando como referência a distribuição histórica de *P. onca* de acordo com Sanderson *et al* (2002).

3. Resultados e discussão

Foram encontradas na literatura evidências de predação por onça-pintada em 86 espécies de vertebrados divididos entre aves (cinco espécies), répteis (13 espécies) e mamíferos (68 espécies). Apenas 67 dos 68 mamíferos foram utilizados para gerar I , as aves e os répteis e o boto-rosa (única espécie de mamífero não utilizada) foram excluídos por falta de dados de massa corporal e/ou de distribuição e/ou de relação entre massa e densidade.

Em todos os modelos, a sazonalidade da temperatura apresentou a maior porcentagem de contribuição ($Bc = 59,8\%$, $Bc + I = 54,6\%$ e $Bc + RI = 56,6\%$), além disso, em $Bc + I$ a variável de interação foi a segunda mais importante (24,6%) e no modelo $Bc + RI$ a variável aleatória foi a menos importante (0,1%). Nos dois modelos onde a interação não foi usada, a temperatura média foi a segunda variável mais importante ($Bc = 14,5\%$ e $Bc + RI = 12,9\%$). Neste primeiro, o AUC do modelo $Bc + I$

foi, em média [limite inferior e superior do intervalo de confiança a 95%], ligeiramente maior que a dos outros ($Bc = 0.901$ [0,9 a 0,904] , $Bc + I = 0.894$ [0.892 a 0.897] e $Bc + RI = 0.897$ [0.895 a 0.899]), sugerindo um aumento na acurácia deste primeiro. Este aumento na acurácia corrobora a hipótese de que as interações, modeladas de acordo com os mecanismos que as geraram, explicam, em parte, a distribuição em grande escala do predador. Quando se correlaciona os resultados de Bc e $Bc + I$ e se mapeia os resíduos, é possível notar uma maior discrepância próxima às bordas da distribuição, ou seja, quanto maior a distância do centro de distribuição da Onça maiores são os resíduos (em módulo, $R^2 = 0.67$).

Estes resultados, em especial o padrão dos resíduos, evidenciam que os conjuntos de variáveis que compõem os diferentes tipos de nicho compartilham poder de explicação sobre a distribuição e este poder de explicação apresenta estrutura espacial, ou seja, a medida que se distancia do centro de distribuição as interações ganham maior importância.

4. Conclusão

Evidências crescentes apontam para a importância das variáveis bióticas na determinação da distribuição das espécies o que representa uma mudança de um paradigma. Esta mudança é importante, principalmente em cenários de alterações climáticas globais onde se tenta prever os seus efeitos sobre a distribuição das espécies. Esses efeitos não podem ser medidos apenas de forma direta, mas também de forma indireta através das interações. Assim, este trabalho contribui adicionando novas evidências sobre mecanismos ecológicos de grande escala.

5. Bibliografia

Araújo MB, Guisan A (2006) Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 33:1677-1688.

Austin M (2007) Species distribution models and ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. *Ecological Modelling* 200:1-19.

Carbone C, Gittleman JL (2002) A Common Rule for the Scaling of Carnivore Density. *Science* 295:2273-2276.

Heikkinen RK, Luoto M, Virkkala R, Pearson RG, Körber J (2007) Biotic interactions improve prediction of boreal bird distributions at macro-scales. *Global Ecology and Biogeography* 16:754-763.

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.

Leathwick JR, Austin MP (2001) Competitive Interactions between Tree Species in New Zealand's Old-Growth Indigenous Forests. *Ecology* 82:2560-2573.

Oliveira G, Diniz Filho JA, Bini LM, Rangel TF (2009) Conservation biogeography of mammals in the Cerrado biome under the unified theory of macroecology. *Acta Oecologica* 35:630-638.

Phillips S, Anderson R, Schapire R (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190:231-259.

Sanderson EW, Chetkiewicz CLB, Medellín RA, Rabinowitz A, Redford KH, Robinson JG, Taber, AB (2002) Un análisis geográfico de la estado de conservación y distribución de los jaguares a través de su área de distribución **In:** Medellín RA, Equihua C, Chetkiewicz CLB, Crawshaw PG Jr, Rabinowitz A, Redford KH, Robinson JG, Sanderson, EW, Taber, AB. **Eds. El jaguar en el nuevo milênio.** Fondo de cultura económica, México.

Silva M, Brimacombe M, Downing JA (2001) Effects of body mass, climate, geography, and census area on population density of terrestrial mammals. *Global Ecology and Biogeography* 10:469-485.

Silva M, Downing JA (1995) The allometric scaling of density and body mass: A nonlinear relationship for terrestrial mammals. *The American Naturalist* 145:704-727.

Soberón J (2007) Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology letters* 10:1115-23.

Soberón J (2010) Niche and area of distribution modeling: a population ecology perspective. *Ecography* 33:159-167.

Vázquez DP, Chacoff NP, Cagnolo L (2009) Evaluating multiple determinants of the structure of plant-animal mutualistic networks. *Ecology* 90:2039-46.

Vázquez DP, Melián CJ, Williams NM, Blüthgen N, Krasnov BR, Poulin R (2007) Species abundance and asymmetric interaction strength in ecological networks. *Oikos* 116:1120-1127.