

LA FUNCIÓN DE FAVORABILIDAD

La favorabilidad es un concepto matemático relacionado con la probabilidad, con aplicaciones para el modelado de la distribución de las especies (MDE)

La función de favorabilidad fue concebida por Real et al. (2006) como una base matemática para el modelado de la distribución de las especies (MDE), si bien es de aplicación a cualquier caso cuyo objeto de estudio sea la probabilidad de que un evento determinado tenga lugar. La favorabilidad no es un método de MDE, sino un concepto. En términos generales, los algoritmos disponibles para MDE proporcionan resultados en dos formatos alternativos: probabilidad (por ejemplo la regresión logística, GAM, “boosted regression trees”, “random forests”) e idoneidad (en inglés, “suitability”, por ejemplo GARP, ENFA y MaxEnt). La probabilidad está influida por la proporción entre las presencias y ausencias de la especie analizada. Sean cuales sean las condiciones ambientales, los valores de probabilidad en el área de estudio tenderán a ser altos si se refieren a especies ampliamente distribuidas, y bajos si se refieren a microendemismos. Por ello, probabilidades definidas para especies diferentes no pueden ser comparadas ni combinadas entre sí. Por su parte, la idoneidad carece de una unidad de medida estándar, por lo que los valores procedentes de modelos diferentes (ya sean de especies distintas, o basados en distintos factores) son inconmensurables: no se pueden comparar ni combinar.

Los modelos de favorabilidad proporcionan valores conmensurables independientemente de cuál sea la relación entre las presencias y las ausencias de una especie. Así, modelos de favorabilidad de especies distintas, o basados en factores ambientales diferentes, pueden ser comparados y combinados. Laplace (1825) definió la probabilidad como la relación entre el número de casos favorable y el número total de casos posibles. Por ello, el concepto de favorabilidad ha estado implícito en el de probabilidad desde el principio. La favorabilidad mide el grado en que las condiciones locales permiten una probabilidad local mayor o menor que la esperada por azar; esta probabilidad al azar se define como la prevalencia total del evento (Acevedo y Real 2012). Ello implica que, si el valor de favorabilidad para la presencia de una especie en una localidad es 0.5, la probabilidad de que la especie esté presente en ella es la misma que la prevalencia de la especie en el conjunto total de los datos; es decir, las condiciones ambientales locales no aumentarían ni disminuirían la probabilidad de presencia con respecto a lo esperado en función de la prevalencia. En cambio, valores de favorabilidad local mayores que 0.5 indican características que favorecen la presencia de la especie, y valores menores que 0.5 significan que las condiciones son perjudiciales para ella.

La favorabilidad es, por tanto, función de la probabilidad y de la prevalencia. Los valores de favorabilidad (F , que varían entre 0 y 1) pueden obtenerse directamente de la probabilidad a través de esta fórmula:

$$F = \frac{\frac{P}{(1-P)}}{\frac{n_1}{n_0} + \frac{P}{(1-P)}}$$

donde P es la probabilidad de que la especie esté presente, n_1 es el número de presencias observadas, y n_0 es el número de ausencias. Si el procedimiento utilizado para obtener P es la regresión logística, la probabilidad se define con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{e^y}{1+e^y}$$

donde e es la base de los logaritmos neperianos e y es la “función logit”, es decir, una combinación lineal de variables ambientales. Según esto, los valores de favorabilidad pueden obtenerse también a través de esta fórmula:

$$F = \frac{e^y}{n_1 + e^y}$$

donde y es la misma “función logit” que aparece en la ecuación anterior para la definición de P . No obstante, los valores de favorabilidad pueden derivarse de probabilidades obtenidas mediante cualquier método, por ejemplo los modelos aditivos generalizados (GAM), “boosted regression trees”, “random forests” o los modelos Bayesianos.

Acevedo y Real (2012) utilizaron un ejemplo gráfico para comparar la favorabilidad con la probabilidad y la idoneidad. Diseñaron un paisaje virtual con una variable ambiental (Fig. 1a); la distribución de una especie virtual (puntos negros en la Fig. 1b); y muestras aleatorias de las especies con prevalencia de un 20% (Fig. 1c) y de un 80% (Fig. 1d):

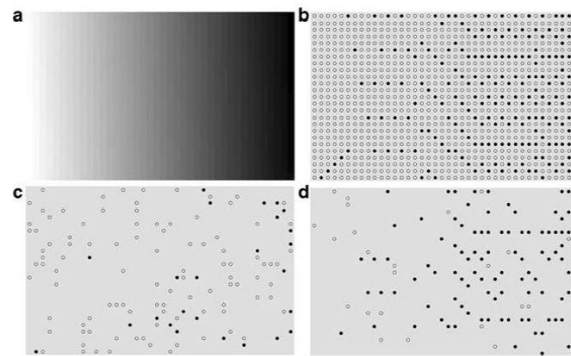


Figura 1

A partir de estos datos, Acevedo y Real (2012) mostraron los resultados que se obtienen para cada muestra (20% o 80%) y método de modelado (probabilidad, favorabilidad, e idoneidad obtenida con ENFA y con MaxEnt) (fig. 2):

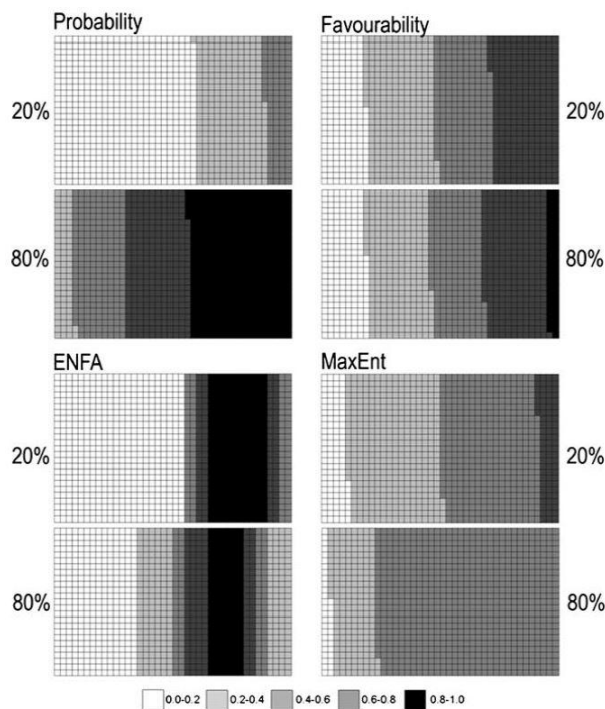


Figura 2

Este ejemplo teórico ilustra cómo la función de favorabilidad proporciona los resultados más independientes de la prevalencia, pues los valores obtenidos a partir de muestras con prevalencias distintas son muy similares. La figura 3 sirve como ilustración de los valores de probabilidad y favorabilidad ambiental obtenidos para la distribución de *Salamandra salamandra* en Andalucía (sur de España), a partir de dos fuentes de datos diferentes (Tejedo et al. 2003; Palomo & Gisbert 2008):

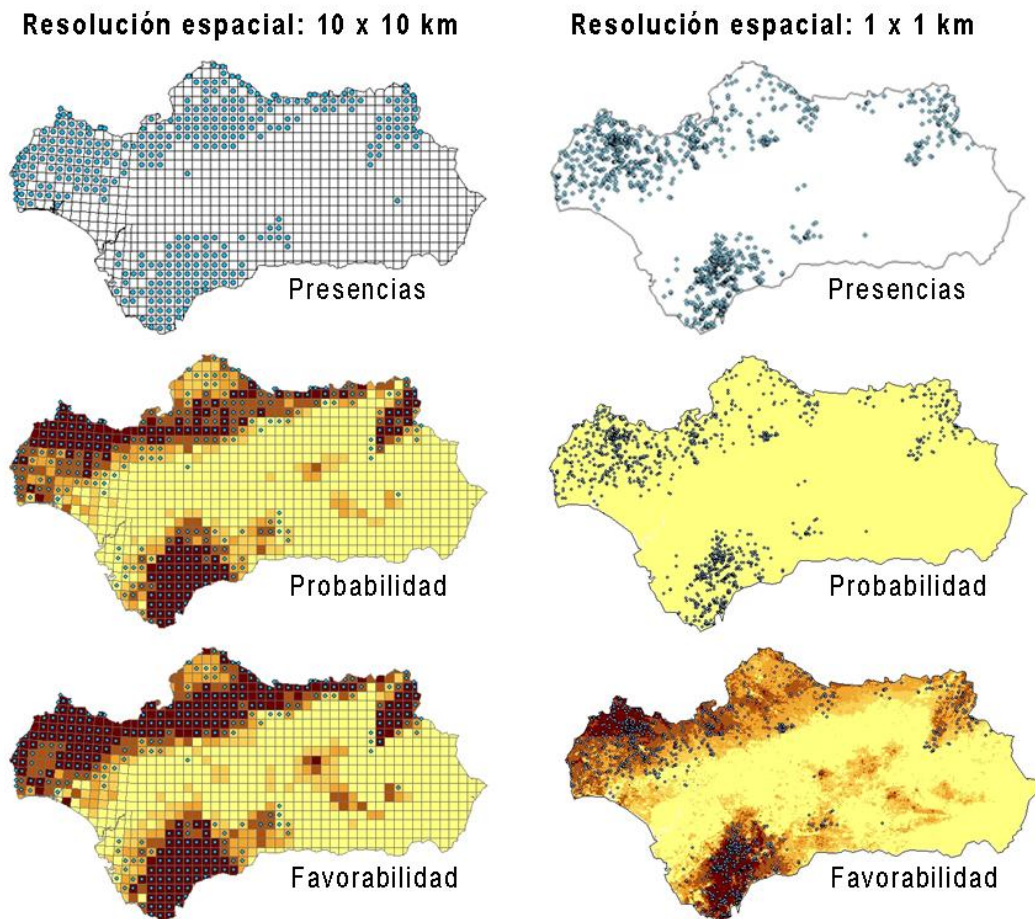


Figura 3

Teniendo en cuenta el concepto que subyace a la función de favorabilidad, su potencial para la investigación biogeográfica es alto. Por ejemplo, la posibilidad de comparar y combinar modelos es importante para estudios que impliquen interacciones entre especies: por ejemplo relaciones biogeográficas en sistemas de depredador-presa (Real et al. 2009), competencia entre especies simpátricas (Acevedo et al. 2010, 2012); para estudios de biogeografía de la conservación que se basen en la diversidad de especies (por ejemplo para estimar el valor de conservación de áreas, diseñar corredores ecológicos, seleccionar áreas adecuadas para la reintroducción de especies; véase Estrada et al. 2008, Fa et al. 2014); y cuando la distribución de una especie podría estar influida por factores limitantes (por ejemplo Olivero et al. 2017). Las operaciones de la lógica difusa (Zadeh 1965) aumentan el potencial de la función de favorabilidad para combinar modelos, pues los valores de favorabilidad pueden describirse como el grado de pertenencia de diferentes localidades al conjunto difuso de lugares con condiciones favorables para la especie (ver, por ejemplo, Romero et al. 2016).

Referencias:

Acevedo P, Real R. (2012) Favourability: Concept, distinctive characteristics and potential usefulness. *Naturwissenschaften* 99: 515–522.

Acevedo P, Jiménez-Valverde A, Melo-Ferreira J, Real R, Alves PC (2012) Parapatric species and the implications for climate change studies: a case study on hares in Europe. *Global Change Biology* 18: 1509–1519.

Acevedo P, Ward AI, Real R, Smith GC (2010) Assessing biogeographical relationships of ecologically related species using favourability functions: a case study on British deer. *Diversity and Distributions* 16: 515–528.

Estrada A, Real R, Vargas JM (2008) Using crisp and fuzzy modelling to identify favourability hotspots useful to perform gap analysis. *Biodiversity and Conservation* 17: 857–871.

Fa JE, Olivero J, Farfán MA, Márquez AL, Vargas JM, Real R, Nasi R (2014) Integrating sustainable hunting in biodiversity protection in Central Africa: Hot spots, weak spots, and strong spots. *PLOS ONE* 9: e112367.

Laplace PS (1825) *Essai philosophique sur les probabilités*. Bachelier, Paris.

Olivero J, Fa JE, Real R, Farfán MÁ, Márquez AL, Vargas JM, Gonzalez JP, Cunningham AA, Nasi R (2017a) Mammalian biogeography and the Ebola virus in Africa. *Mammal Review* 47: 24–37.

Palomo LJ, Gisbert J (2008) *Atlas de los mamíferos terrestres de España*. Dirección General de la Conservación de la Naturaleza–SECEM–SECEMU, Madrid.

Real R, Barbosa AM, Vargas JM (2006) Obtaining environmental favourability functions from logistic regression. *Environmental and Ecological Statistics* 13: 237–245.

Real R, Barbosa AM, Rodríguez A, García FJ, Vargas JM, Palomo LJ, Delibes M (2009) Conservation biogeography of ecologically interacting species: the case of the Iberian lynx and the European rabbit. *Diversity and Distributions* 15: 390–400.

Romero D, Olivero J, Brito JC, Real R (2016) Comparison of approaches to combine species distribution models based on different sets of predictors. *Ecography* 39: 561–571.

Tejedo M, Reques R, Gasent JM, González JP, Morales J, García L, González E, Donaire D, Sánchez MJ, Marangoni F (2003) *Distribución de los anfibios endémicos de Andalucía: Estudio genético y ecológico de las poblaciones*. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía)–CSIC, Sevilla.

Zadeh LA (1965) Fuzzy sets. *Information and Control* 8: 338–353.