

Introducción teórico-práctica a la modelación espacial de las distribuciones de las especies

Docente responsable

Dr. José Carlos Guerrero

Justificación del curso

Los modelos de distribución de especies son aproximaciones empíricas o matemáticas del área que ocupa una especie. El objetivo primordial de los modelos de distribución de especies es relacionar diferentes tipos de variables ecogeográficas (ambientales, topográficas, humanas, espaciales, entre otras) con la distribución de las especies, esto es, identificar las variables que limitan y definen el espacio geográfico donde se localiza una especie. El resultado final de un modelo puede ser una representación espacial de los sitios favorables a la presencia de una especie. Los modelos pueden predecir si la favorabilidad ambiental es idónea en áreas poco muestreadas o en un futuro según cambios previsibles del entorno. Pueden también ser relacionados con tendencias en la abundancia de las especies o con su probabilidad de persistencia en determinadas áreas. Los modelos se han hecho populares debido a la necesidad de predecir el cambio de los patrones de biodiversidad, así como mejorar la eficiencia en el diseño e implementación de la gestión de la conservación.

La modelización espacial se puede usar para seleccionar áreas importantes para la conservación. Una razón por la que se usa la modelización en estos análisis es que generalmente existe un diferente esfuerzo de muestreo en el territorio, de manera que algunas especies pueden aparecer con distribuciones dispersas cuando ése no es el verdadero estado de la especie. Por otro lado, hay territorios completos como Uruguay en los que hay un déficit en el conocimiento de la distribución de las especies. Un problema inherente a la utilización directa de los datos de un atlas de distribución consiste en que la detección de las especies no es perfecta, de forma que una ausencia en el atlas puede significar que la especie esté ausente en esa zona, o bien que la especie esté presente pero que no se haya detectado. Por otra parte, los espacios naturales protegidos son zonas mejor muestreadas y aparecen en los atlas con mayor número de especies que las zonas aledañas. La modelización espacial de las especies puede atenuar

estos problemas, porque áreas con altos valores tienden a estar juntas y esos valores predichos decrecen gradualmente a otras zonas con valores menores. Además, la modelización ambiental no es tan dependiente de la distribución espacial del esfuerzo de muestreo y permite minimizar los errores por omisión e incluso los posibles errores por comisión.

La mayoría de las técnicas de modelización espacial producen valores que dependen de la prevalencia de las especies, es decir, de la relación entre el área ocupada por cada especie y el área total analizada, hecho que puede desaconsejar su uso en procedimientos como el análisis de huecos, donde cada especie debe ser nivelada a un mismo umbral de idoneidad. De esta manera, las especies que tienen una distribución restringida, debido a factores ecológicos, geográficos o históricos, muestran valores bajos de probabilidad incluso en las zonas donde la especie está presente. Por el contrario, las especies comunes tienen altos valores de probabilidad de presencia incluso en áreas ausentes. En dicho contexto, la Función de Favorabilidad propuesta por Real et al. (2006a) obtiene la distribución de las áreas ambientalmente favorables para cada una de las especies. Una de sus características es que el valor de favorabilidad para todas las especies está estandarizado a un mismo umbral, independientemente de la proporción de presencias, por lo que permite comparar directamente la distribución de diferentes especies. En este sentido, una zona no es absolutamente favorable o desfavorable para una especie, sino que presenta un cierto grado de favorabilidad. El uso de la Función de Favorabilidad permite vencer este inconveniente, porque los valores que se obtienen son altos donde las condiciones ambientales son favorables para la especie, independientemente de la prevalencia. La modelización ambiental a partir de la función de favorabilidad permite obtener las áreas favorables para las especies aunque éstas presenten una distribución muy restringida en el territorio. La Función de Favorabilidad resuelve el problema de tener que excluir a las especies raras de los análisis de modelización destinados a predecir atributos de la biodiversidad tales como la riqueza de especies, rareza, vulnerabilidad o endemidad, cuando precisamente estas especies se cuentan entre las más importantes para la conservación. En dicha línea, la lógica difusa inherente al concepto de favorabilidad, permite comprender cómo una especie tiene un cierto grado de pertenencia a cada punto del conjunto difuso de áreas que son favorables para su presencia. Recientemente, Real et al. (2017) incorporan el concepto

de Biodiversidad clara y oscura basado en la física cuántica como una nueva aproximación a la modelación espacial de la distribución de las especies a partir de la función de favorabilidad.

Programa del curso

Bloque 0. Distribución de especies.

Conceptos relacionados con el rango de ocupación de una especie en un territorio. Biodiversidad clara y oscura. Modelación de la distribución de especies y problemática.

Bloque 1. Selección de variables.

Análisis de las variables y factores explicativos: autocorrelación espacial, multicolinealidad entre variables y tasa de descubrimiento falso. Métodos de selección de variables.

Bloque 2. Construcción de modelos.

Elaboración de modelos ecogeográficos de distribución. Métodos basados en la presencia/ausencia o sólo en la presencia.

Bloque 3. Evaluación de modelos.

Evaluación de los modelos de distribución. Evaluación de la calibración: el test de Hosmer y Lemeshow. Análisis de la parsimonia: el criterio de información de Akaike. Evaluación de la capacidad de clasificación: sensibilidad, especificidad, tasas de sobre e infrapredicción y kappa. Capacidad de discriminación: AUC.

Bloque 4. Representación de modelos

La lógica difusa y la función de favorabilidad. Identificación de áreas importantes para la biodiversidad tras la combinación de modelos de favorabilidad. La identificación de fuentes y sumideros y de metapoblaciones.

Bloque 5. Descomposición de modelos.

La atribución de causa en la modelación de la distribución de las especies. El papel de las regresiones parciales en la modelación. Interpretación de los modelos.

Clases

Días: 18-21, 24-26 de febrero 2025

Horario: de 10 a 13 h y de 14:30 a 17:30 h.

Carga horaria: 36 horas teórico-prácticas.

Evaluación del curso

La evaluación se hará mediante el control de la asistencia, seguimiento de los ejercicios realizados en clase y una prueba escrita que incluirá el análisis de modelos de distribución de especies, su evaluación y su aplicación.

Bibliografía relacionada

- Acevedo, P., Jiménez-Valverde, A., Lobo, J.M., Real, R. 2012. Delimiting the geographical background in species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 39: 1383-1390.
- Acevedo, P., Real, R. 2012. Favourability: concept, distinctive characteristics and potential usefulness. *Naturwissenschaften*, 99:515-522.
- Aximoff, I., Carvalho, W.D., Romero, D., Esbérard, C.E.L., Guerrero, J.C., Rosalino, L.M. 2020. Unravelling the drivers of maned wolf activity along an elevational gradient in the Atlantic Forest, south-eastern Brazil. *Mammalian Biology*, 100:187–201.
- Barbosa, A.M., Real, R., Márquez, A.L., Rendón, M.A. 2001. Spatial, environmental and human influences on the distribution of otter (*Lutra lutra*) in the Spanish provinces. *Diversity and Distributions*, 7: 137-144.
- Barbosa, A.M., Real, R., Muñoz, A.R., Brown, J.A. 2013. New measures for assessing model equilibrium and prediction mismatch in species distribution models. *Diversity and Distributions*, 19: 1333-1338.
- Barbosa, A.M., Real, R., Olivero, J., Vargas, J.M. 2003. Otter (*Lutra lutra*) distribution modeling at two resolution scales suited to conservation planning in the Iberian Peninsula. *Biological Conservation*, 114: 377-387.
- Barbosa, A.M., Real, R., Vargas, J.M. 2009. Transferability of environmental favourability models in geographic space: the case of the Iberian desman (*Galemys pyrenaicus*) in Portugal and Spain. *Ecological Modelling*, 220: 747-754.
- Barbosa, A.M., Real, R., Vargas, J.M. 2010. Use of coarse-resolution models of species' distributions to guide local conservation inferences. *Conservation Biology*, 24: 1378-1387.
- Cajade, M., Hagopíán, D., Rodrigues, E. N. L., Guerrero, J. C., Laborda, Á. & Simó, M. 2024. A new species and new records of the spider genus *Dubiaranea* (Araneae, Linyphiidae) from southern Brazil and Uruguay, with an analysis of the potential distribution of the species. *Zootaxa* 5437(2): 223-224.
- Coelho, L., Romero, D., Queirolo, D., Guerrero, J.C. 2018. Understanding factors affecting the distribution of the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*) in South

- America: Spatial dynamics and environmental drivers. *Mammalian Biology*, 92: 54-61.
- Díaz-Gómez, D.L., Toxopeus, A.G., Groen, T.A., Muñoz, A.R., Skidmore, A.K., Real, R. 2013. Measuring the Insecurity Index of species in networks of protected areas using species distribution modeling and fuzzy logic: the case of raptors in Andalusia. *Ecological Indicators*, 26: 174-182.
- Estrada, A., Real, R., Vargas, J.M. 2008. Using crisp and fuzzy modelling to identify favourability hotspots useful to perform gap analysis. *Biodiversity and Conservation*, 17: 857-871.
- Estrada, A., Real, R., Vargas, J.M. 2011. Assessing coincidence between priority conservation areas for vertebrate groups in a Mediterranean hotspot. *Biological Conservation*, 144: 1120-1129.
- Estrada, A., Real, R., Vargas, J.M. 2011. Assessing the coincidence among priority conservation areas for vertebrate groups in a Mediterranean hotspot. *Biological Conservation*, 144: 1120-1129.
- Jiménez-Valverde, A., Acevedo, P., Barbosa, A.M., Lobo, J.M., Real, R. 2013. Discrimination capacity in species distribution models depends on the representativeness of the environmental domain. *Global Ecology and Biogeography*, 22: 508-516.
- Lobo, J.M., Jiménez-Valverde, A., Real, R. 2008. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography*, 17: 145-151.
- Márquez, A.L., Real, R., Olivero, J., Estrada, A. 2011. Combining climate with other influential factors for modelling the impact of climate change on species distribution. *Climatic Change*, 108: 135-157.
- Muñoz, A.R., Márquez, A.L., Real, R. 2013. Updating known distribution models for forecasting climate change impact on endangered species. *PLoS ONE* 8(6): e65462.
- Pulido-Pastor, A., Márquez, A.L., García-Barros, E., Real, R. 2018. Identification of potential source and sink areas for butterflies on the Iberian Peninsula. *Insect Conservation and Diversity*, 11: 479-492.
- Pulido-Pastor, A., Márquez, A.L., Guerrero, J.C., García-Barros, E., Real, R. 2021. Metapopulation Patterns of Iberian Butterflies Revealed by Fuzzy Logic. *Insects*, 12: 392. <https://doi.org/10.3390/insects12050392>
- Real, R. 2023. La Biogeografía: ciencia geográfica y ciencia biológica, sí, pero también ciencia física. En Paül, V. et al. (eds.): Geografia, paisatge i vegetació. Estudis en homenatge a Josep Maria Panareda = Geografia, paisaje y vegetación. Estudios en homenaje a Josep Maria Panareda = Xeografia, paisaxe e vexetación. Estudos en homenaxe a Josep Maria Panareda. Madrid/Santiago de Compostela: Asociación Española de Geografía/Grupo de Análise Territorial (ANTE) GI- 1871, pp. 451-460. DOI: 10.21138/pgP.2023.35.
- Real, R., Barbosa, A.M., Rodríguez, A., García, F.J., Vargas, J.M., Palomo, L.J., 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.
- Real, R., Barbosa, A.M., Wull, J.W. 2017. Species Distributions, Quantum Theory, and the Enhancement of Biodiversity Measures. *Systematic Biology*, 66(3): 453-462.
- Real, R., Barbosa, A.M., Vargas, J.M. 2006a. Obtaining environmental favourability functions from logistic regression. *Environmental and Ecological Statistics*, 13: 237-245.
- Real, R., Estrada, A., Barbosa, A.M., Vargas, J.M. 2006b. Aplicación de la lógica difusa al concepto de rareza para su uso en *Gap Analysis*: el caso de los mamíferos terrestres en Andalucía. *Serie Geográfica*, 13: 99-116.
- Real, R., Márquez, A.L., Olivero, J., Estrada, A. 2010. Species distribution models in climate change scenarios are still not useful for informing policy planning: an uncertainty assessment using fuzzy logic. *Ecography*, 33: 304-314.
- Real, R., Romero, D., Olivero, J., Estrada, A., Márquez, A.L. 2013. Estimating how inflated or obscured effects of climate affect forecasted species distribution. *PLoS ONE*, 8 (1): e53646.
- Rey Benayas, J.M., de la Montaña, E. 2003. Identifying areas of high-value vertebrate diversity for strengthening conservation. *Biological Conservation*, 114: 357-370.
- Romero, D., Olivero, J., Real, R. 2012. Comparative assessment of different methods for using land-cover variables for distribution modelling of *Salamandra atra*. *Environmental Conservation*, 40: 48-59.
- Romero, D., Olivero, J., Real, R., Guerrero, J.C. 2019. Applying fuzzy logic to assess the biogeographical risk of dengue in South America. *Parasites Vectors* 12: 428. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3691-5>
- Romero, D., Olivero, J., Márquez, A.L., Báez, J.C., Real, R. 2013. Uncertainty in distribution forecasts caused by taxonomic ambiguity under climate change scenarios: a case study with two newt species in mainland Spain. *Journal of Biogeography*, 41: 111-121.
- Romero, D., Olivero, J., Brito, J.C., Real, R. 2016 Comparison of approaches to combine species distribution models. *Ecography*, 39: 561-571.
- Romero, D., Báez, J.C., Ferri-Yáñez, F., Bellido, J.J., Real, R. 2014. Modelling favourability for invasive species encroachment to identify areas of native species vulnerability. *The scientific world journal*, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/519710>.
- Romero, D., Sosa, B., Brazeiro, A., Achkar, M., Guerrero, J.C. 2021. Factors involved in the biogeography of the honey locust tree (*Gleditsia triacanthos*) invasion at regional scale: an integrative approach. *Plant Ecology*, 222: 705-722.
- Sillero N., Arenas-Castro S., Enriquez-Urzelai U., Gomes Vale C., Sousa-Guedes D., Martínez-Freiría F., Real R., Barbosa A.M. 2021. Want to model a species niche? A step-by-step guideline on correlative ecological niche modelling. *Ecological Modelling*, 456: 109671

Scott, J.M., Davis, F., Csuti, B., Noss, R., Butterfield, B., Groves, C., Anderson, H., Caicco, S., D'erchia, F., Edwards Jr., T. C., Ulliman J., Wright, R. G. 1993. Gap Analysis: a geographic approach to protection of biological diversity. *Wildlife Monographs*, 123: 1-41.