

GENERALIDAD SOBRE LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

Ariadna Villa-Carmona, Armando Cortés Ortiz

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220
Correo electrónico: ariadna.vica@hotmail.com

RESUMEN

Un aspecto importante de los estudios ecológicos es estimar la distribución potencial de las especies y establecer cuáles son los factores ambientales que determinan dicha distribución. Existen herramientas conocidas como modelos de distribución de especies que facilitan el cumplimiento de esta tarea. Tales modelos se basan en procedimientos estadísticos y cartográficos que, partiendo de registros de presencia y variables ambientales, permiten determinar la distribución geográfica potencial de las especies en el espacio.

PALABRAS CLAVE: Distribución potencial, modelos de distribución potencial, variables ambientales.

ABSTRACT

A goal of the ecological studies is to estimate the potential distribution of each species and to establish the environmental factors determining their distribution. There are tools known as models of distribution that make this task easier. Such models are based on statistical and cartographic analysis that taking in account presence data bases and environmental variables allow to determine the probable geographic distribution of one species.

KEY WORDS: Potential distribution, species distribution models, environmental variables.

INTRODUCCIÓN

La distribución potencial (DP) de una especie describe los espacios geográficos donde se encuentran las condiciones ambientales necesarias para que ésta sobreviva (Peterson, 2001; Peterson *et al.*, 1999). Dependiendo de factores como la historia de vida, capacidad de dispersión, la disponibilidad de recursos, la competencia intra e interespecífica, las barreras geográficas y la tolerancia a factores medioambientales es que ésta podrá ocupar grandes extensiones de territorio o estar restringida a pequeñas regiones (MacArthur, 1972).

Conocer la distribución de las especies en el espacio geográfico es un parámetro difícil de determinar, debido a que es necesario realizar un gran esfuerzo de muestreo, para lo cual hay que invertir suficiente tiempo y dinero para lograrlo (Lóriga-Piñeiro, 2012). Es por ello que se han desarrollado algunos modelos que permiten estimar la distribución de las especies dentro de su hábitat, los cuales son representaciones cartográficas que determinan qué tan idóneo es un espacio para ser ocupado por una especie en función de variables continuas (altitud, precipitación anual o temperatura mínima/máxima) y/o nominales o categóricas (tipo de suelo o de vegetación) empleadas para generar dicha representación. La idoneidad es la relación matemática o estadística que se da entre la distribución real conocida y el conjunto de variables que se usan como indicadores (Mateo *et al.*, 2011). Estos modelos trabajan con muestras incompletas acerca de la distribución o abundancia de las especies, beneficiando principalmente a los estudios de áreas lejanas o de difícil acceso, donde no es práctico llegar a la totalidad del territorio, o bien en trabajos en los que los recursos no sean suficientes para ello (Osborne y Tigar, 1992; Skov y Borchenius, 1997; Manel *et al.*, 1999).

UTILIDAD DE LOS MODELOS

Estos modelos son útiles para probar hipótesis sobre las características que determinan la DP de las especies, porque permiten estimar la relación que existe entre los registros de presencia o ausencia con las variables ambientales y las características espaciales del sitio (Franklin, 2010). Por lo tanto, los resultados permiten reconocer cuáles variables ambientales son las que mayor influencia tienen sobre la distribución de las especies (Pearson, 2007). Además los modelos han llegado a ser una herramienta esencial para la conservación de la biodiversidad al ser utilizados con diversos propósitos (Guisan y Thuiller, 2005), entre los cuales se encuentran los siguientes:

1. Desarrollar modelos predictivos de DP y rangos específicos de presencia de algunas especies (Stillman y Brown, 1994).
2. Construir mapas más cercanos a la realidad que ayuden a identificar áreas altamente probables de presencia de especies sin necesidad de realizar muestreos de gran esfuerzo (Lehmann *et al.*, 2002; Ko *et al.*, 2009; Pearson *et al.*, 2007; Seoane y Bustamante, 2001).
3. Planear y diseñar áreas para la conservación de la biodiversidad en la gestión de recursos (Franklin, 2010).
4. Predecir los efectos del cambio climático sobre las especies y los ecosistemas (Franklin, 2010; Box *et al.*, 1993).

PRINCIPALES MODELOS UTILIZADOS

En la actualidad existen al menos 16 modelos de este tipo (GARP, BIOCLIM, MAXENT, GAM, DOMAIN, entre otros) que utilizan distintos métodos y datos para desarrollar las predicciones de probable distribución de especies en función del conjunto de variables y de los registros de presencia/ausencia (Elith *et al.*, 2006; Ortega-Huerta y Peterson, 2008). De los antes mencionados los más utilizados dentro de trabajos de investigación son MAXENT y GARP, por lo cual es relevante mencionar cuáles son sus principales características:

MAXENT Máxima entropía (Phillips *et al.*, 2004).

Plantea el principio de que la mejor aproximación a una distribución desconocida es aquella más expandida pero sujeta a restricciones conocidas (Lóriga-Piñeiro, 2012). Las principales ventajas de este programa son las siguientes:

1. Estima a partir de un conjunto de variables predictivas la distribución de máxima entropía (la más expandida posible), la cual se ajusta a los valores de variables predictivas en las localidades de presencia de la especie (Phillips *et al.*, 2004).
2. Permite determinar o predecir cómo podría variar la distribución de una o un grupo de especies frente a cambios ambientales de temperatura, humedad, entre otros (Morales, 2012).
3. Los resultados expresan qué tan apropiado es el hábitat para la especie (Lóriga-Piñeiro, 2012).
4. Únicamente requiere registros de presencia.
5. Sus resultados han demostrado tener un mejor desempeño respecto a otros programas (Elith *et al.*, 2006; Elith y Leathwick, 2009).

GARP (Genetic Algorithm for Rule set Prediction) (Stockwell y Noble, 1992).

Es un algoritmo genético que encuentra regiones dentro del espacio modelado que son similares a las de los registros de las localidades (Stockwell y Noble, 1992; Stockwell y Peters, 1999).

1. Este programa determina las características ecológicas y busca correlaciones no azarosas entre las localidades y las variables ambientales.
2. Genera índices que muestran qué tan favorables son los ambientes según los requerimientos de la especie.
3. Como resultado crea un mapa de presencias/ausencias potenciales para la especie a través de todo el espacio del modelo.
4. Requiere un mayor esfuerzo de muestreo, debido a que se necesitan registros de presencia y presencia/ausencia.
5. El modelo generado es altamente predictivo.

La construcción de modelos de distribución de especies se realiza en una serie de etapas, cada una de las cuales presenta diferentes alternativas de realización, las cuales influirán en la calidad del resultado final (Mateo *et al.*, 2011).

CONSTRUCCIÓN DE LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN

A continuación se mencionan cuáles son los pasos necesarios para la construcción de un modelo de distribución de especies y cuáles son los datos necesarios para generar el modelo (Figura 1):

1. Formulación del modelo conceptual.
2. Diseño del muestreo, armonización de las escalas espaciales y definición del contexto geográfico del modelo (escalas locales vs. escalas globales).
3. Formulación estadística del modelo según el software a utilizar.
4. Calibración del modelo.
5. Predicción del modelo.
6. Validación del modelo.
7. Credibilidad del modelo y aplicabilidad (biología de la conservación, biogeografía, etc.).

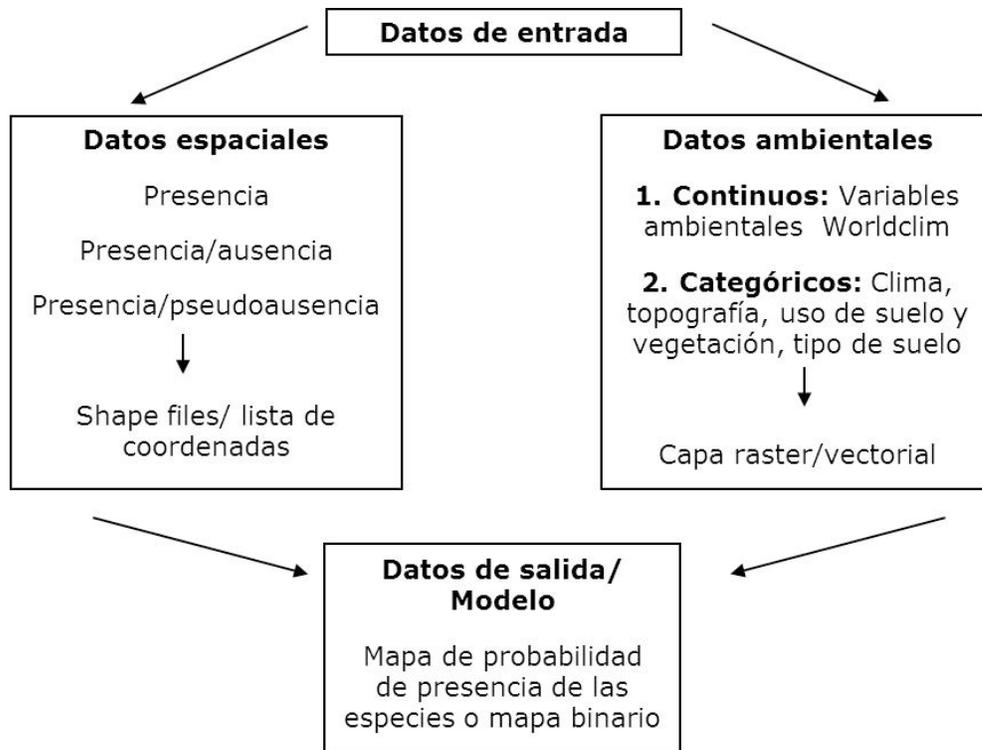


Figura 1 . Datos de entrada necesarios para generar un modelo de distribución de especies (Elith *et al.*, 2006; Soberón y Peterson, 2005; Ortega-Huerta y Peterson, 2008; Papes y Gaubert, 2007; Pearson *et al.*, 2007).

CONSIDERACIONES FINALES

Los modelos de distribución de especies son una herramienta útil e indispensable que facilita determinar cuál es la distribución de una especie en el espacio geográfico y cuál es la relación que existe entre los individuos y las variables ambientales, además de servir para tomar decisiones en la gestión de recursos. Esta manera de generar los mapas de distribución ahorra esfuerzo de campo, ya que de no hacerlo así, sería difícil y tardado ubicar a cada uno de los individuos que forman una población en un determinado espacio y sobre todo si tal conforma una especie ampliamente distribuida.

Antes de comenzar a modelar la distribución de una especie es indispensable elegir el programa con el que se trabajará, considerando y teniendo claro la cantidad y calidad de datos con los que se cuenta y con los que se quiere obtener el mejor ajuste de éstos y sea posible generar resultados confiables. Entre los más utilizados están GARP y Maxent principalmente por ser los que generan estimaciones de mayor calidad de entre los demás. Aun así durante la generación de los resultados se debe tener en cuenta las características ecológicas de la especie, reconociendo de manera general si los factores que condicionaron su distribución son los que efectivamente en el mundo real la determinan. Y finalmente, es importante considerar la oportunidad de elegir algunos puntos de verificación en campo de los resultados obtenidos sobre presencia/ausencia de la especie y determinar si estos se acercan a la realidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Box, E. O., D. W. Crumpacker, E. D. Hardin. 1993. A climatic model for location of plant species un Florida, USA. *Journal of Biogeography* 20: 629-644.
- Elith, J., C. H., Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, J. R. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathweick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. McC. M. Overton, A. Petersen, S. J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz, N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Elith, J., J. R. Leathwick. 2009. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 40: 677-697.

- Franklin, J. 2010. Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Guisan, A., W. Thuiller. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8: 993-1009.
- Ko, C.Y., R. S. Lin, T. S. Ding, C. H. Hsieh, P. F. Lee. 2009. Identifying biodiversity hotspots by predictive models: a case study using Taiwan's endemic bird species. *Zoology Study* 48: 418-431.
- Lehmann, A., J. M. Overton, A. P. Austin. 2002. Regression models for spatial prediction: their role for biodiversity and conservation. *Biodiversity and Conservation* 11: 2085-2092.
- Lóriga-Piñeiro, J. 2012. Diversidad, distribución geográfica y áreas prioritarias para la conservación del género *Elaphoglossum* (Dryopteridaceae) en Cuba. Tesis de maestría no publicada. Universidad de la Habana, Cuba.
- MacArthur, R. H. 1972. Geographical ecology: patterns in the distribution of species. Harper y Row. New York, USA.
- Manel, S., J. M. Dias, S. T. Buckton, S. J. Ormerod. 1999. Alternative methods for predicting species distribution: an illustration with Himalayan river birds. *Journal of Applied Ecology* 36: 734-747.
- Mateo, R. G., A. M. Felicimo, J. Muñoz. 2011. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 217-240.
- Morales, S. N. 2012. Modelos de distribución de especies: software Maxent y sus aplicaciones en conservación. *Conservación Ambiental* 2: 1-5.
- Ortega-Huerta, M. A., A. T. Peterson. 2008. Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 205- 216.
- Osborne, P. E., B. J. Tigar. 1992. Interpreting bird atlas data using logistic models: an example from Lesotho, Southern Africa. *Journal of Applied Ecology* 29: 55-62.
- Papes, M., P. Gaubert. 2007. Modeling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and Distribution* 13: 890-902.
- Pearson, R. 2007. Network of Conservation Educators and Practitioners. Recuperado el Octubre de 2013, de <http://ncep.amnh.org>.
- Pearson, R., C. J. Raxworthy, M. N. Nakamura, A. T. Peterson. 2007. Predicting species distribution from small numbers of occurrence records: a test using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102-117.
- Peterson, A. T. 2001. Predicting species geographic distribution based on ecological niche modeling. *The Condor* 103: 599-605.
- Peterson, A. T., J. Soberón, V. Sánchez-Cordero. 1999. Conservationism of ecological niches in evolutionary time. *Science* 285: 1265-1267.
- Phillips S. J., M. Dudik, R. E. Schapire. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning*. ACM Press. New York, USA, pp. 665-662.
- Seoane, J., J. Bustamante. 2001. Modelos predictivos de la distribución de especies: una revisión de sus limitaciones. *Ecología* 15: 9-21.
- Skov, F., F. Borchenius. 1997. Predicting plant species distribution patterns using simple climatic parameters: a case study of Ecuadorian palms. *Ecography* 20: 347-355.
- Soberón, J., A. T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2: 1-10.
- Stillman, R. A., A. F. Brown. 1994. Population sizes and habitat associations of upland breeding birds in the South Pennines. *Biological Conservation* 69: 307-314.
- Stockwell, D. R., D. Peters. 1999. The GARP modeling system: problems and solutions automated spatial prediction. *International Journal of Geographic Information Science* 13: 143-158.
- Stockwell, D. R., I. R. Noble. 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data a robust and informative method of data analyst. *Mathematics and Computer Simulation* 33: 385-390.