

# Propuesta de un modelo de distribución de especies forestales en el Parque Natural Sierra de Aracena y el Andévalo occidental (Huelva, España)

M. ANAYA-ROMERO, A. JORDÁN, L. MARTÍNEZ-ZAVALA & N. BELLINFANTE

Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola (Universidad de Sevilla). C/ Profesor García González, 1. 41012 – Sevilla.

## Resumen

Actualmente, la gestión de los espacios forestales se dirige preferentemente hacia la producción y el mantenimiento de los valores ecológicos controlando la estructura espacial del bosque y su dinámica natural. El diseño y mantenimiento de la estructura del paisaje debería ser el objetivo principal de la gestión de los bosques naturales. Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente trabajo es proponer un modelo de distribución potencial de usos forestales en espacios naturales del norte de la provincia de Huelva (Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche y el Andévalo occidental). En el área se han diferenciado cuatro formaciones forestales principales: quercíneas, coníferas, eucaliptos y otras frondosas. Como análisis previo se compararon tres modelos de evaluación: regresión logística, árbol de decisión y red neuronal artificial. En ellos, la predicción se ha hecho relacionando la presencia/ausencia de cada formación forestal presente en la zona de estudio con variables edáficas, climáticas y geomorfológicas que, a priori, pudieran condicionar la distribución de las especies. La regresión logística resultó ser el método con un menor índice de error, ofreciendo mejores resultados que otros métodos evaluados. Posteriormente, los resultados se extrapolaron a la totalidad del área de estudio para obtener un modelo de hábitat potencial de las formaciones forestales estudiadas.

La superficie potencial de las formaciones de quercíneas es superior en un 10% a su distribución actual. El hábitat potencial de las quercíneas se distribuye por los general en las zonas de mayor elevación y pendiente, generalmente sobre Leptosoles, Regosoles y Cambisoles, de pH neutro a ácido. Se adaptan mejor a elevados niveles de materia orgánica, ricos en oligoelementos (principalmente Fe). La probabilidad de presencia de quercíneas depende también de una precipitación estival y temperatura media mínima mensual más elevadas que otros casos.

La superficie ocupada por las formaciones potenciales de coníferas, ocupa una extensión aproximada del 70% del área actual. Este hecho se debe probablemente a la existencia de otras formaciones forestales con una mayor aptitud en la zona. El

hábitat potencial se distribuye por zonas de alta elevación, relieve montañoso, zonas influenciadas por la curvatura y la orientación.

La distribución potencial de las formaciones forestales de frondosas viene a ocupar un área de aproximadamente 1300 km<sup>2</sup>, frente a una superficie actual de 43. Esto puede indicar que estas especies están escasamente representada en la zona frente a su aptitud potencial. El hábitat potencial se distribuye en zonas caracterizadas por sustratos no consolidados, excluyendo zonas con riesgo de deslizamiento en masa y fuerte erosión. Ocupan preferentemente suelos ácidos o neutros, con baja saturación del complejo de cambio y de textura más gruesa.

La superficie total ocupada por las formaciones potenciales de eucaliptos ocupa una extensión aproximada de 400 km<sup>2</sup>, frente a 660 en la actualidad. El área de distribución actual del eucalipto se ha hecho en detrimento de otras especies autóctonas que presentan una mayor aptitud. En la propuesta final de usos, las quercíneas desplazan a las formaciones de eucaliptos de su hábitat actual. Así ocurre en las zonas de sierra, por ejemplo.

## **Abstract**

Actually, the management of the forest spaces goes towards the production and the maintenance of the ecological values controlling the space structure of the forest and its natural dynamics. The design and maintenance of the structure of the landscape would have to be the primary target of the management of the natural forests. Under this perspective, the goal of the present work is to propose a potential model of distribution of forest uses in natural spaces of the north of Huelva province (Natural Park "Sierra de Aracén y Picos de Aroche" and western Andévalo). In the area there were differentiated four main forest types: oak forest, pine tree forest, eucalyptus forest and other deciduous forest. As previous analysis there were compared three evaluation models: logistic regression, decision tree and artificial neuronal network. The prediction has been done relating the presence/absence of each current forest type in the study zone to edaphic, climatic and geomorphological variables that, at first, could condition the distribution of the species. The logistic resulted to be the method with a smaller index of error, offering better results than other evaluated methods. Then, the results were extrapolated to the whole study area to obtain a model of potential distribution habitat of each forest type studied. The potential area of oak forest increases 10% to its present distribution. The potential habitat of the oak forest appear at high elevation and slope, generally on Leptosols, Regosols and Cambisols, of neutral to acid pH. They are adapted at high levels of organic matter, rich in oligoelements (mainly Fe). The probability of presence of oak forest also depends on a elevated summer precipitation and minimum average monthly temperature higher than other cases. The area occupied by the potential pine tree forest, occupies an approximated extension of 70% of the present area. This fact probably must be due existence of other forest formation with a greater aptitude in the zone. The potential habitat appear high elevation, mountainous relief, zones influenced by the curvature and the direction.

The potential distribution of deciduous forest occupy an area of 1300 km<sup>2</sup> approximately, in front of a present area of 43 km<sup>2</sup>. This could indicate that these

species are barely represented concerning their potential aptitude. The potential habitat is distributed at zones characterized by nonconsolidated substrates, excluding zones with risk of mass sliding and fort erosion. It occupy acid or neutral soils preferredly, with low saturation of the exchange complex and gross texture.

The total surface occupied by eucalyptus forest occupies an approximated extension of 400 km<sup>2</sup>, opposed to 660 of the current presence. The current area of the present distribution of eucalyptus forest has become in damage of other native species that present a greater aptitude. In the final proposal of uses, the oak forest displace the eucalyptus forest of their present habitat. It happens in the mountain zones, for example.

## **Introducción**

En general, la evaluación de los suelos está basada en modelos conceptuales de las relaciones entre las características del medio físico y su productividad. Por ello, a menudo, los modelos son demasiado simples para considerar relaciones complejas entre los distintos componentes del sistema.

Según Franklin (1995) y Guisan & Zimmermann (2000), las relaciones existentes entre las diversas comunidades vegetales y el medio físico condicionan la distribución potencial de las especies. Tradicionalmente, el estudio de la vegetación potencial ha utilizado métodos intuitivos, basados en la experiencia previa y en el estudio de las series de vegetación. Un ejemplo de este tipo de análisis es el mapa de series de vegetación de España realizado por Rivas-Martínez (1987). Sin embargo, más recientemente, y aprovechando el desarrollo de nuevas herramientas informáticas, la modelización de los procesos naturales y el análisis estadístico de la información espacial se ha hecho más eficiente.

La modelización de la vegetación y la distribución espacial de las especies se apoya frecuentemente en la utilización de la teledetección, los modelos digitales del terreno y los mapas de suelo (Neave & Norton, 1998; Vogelmann et al., 1998; Bellinfante et al, 2003).

El objetivo de la presente investigación es desarrollar un modelo de distribución potencial de usos forestales en la Sierra de Aracena y el Andévalo Occidental (Huelva; figura 1), a partir de la información del medio físico de la zona de estudio y de la información correspondiente a los usos y coberturas vegetales del suelo de Andalucía. Para ello se relaciona la presencia/ausencia de las principales formaciones forestales, establecidas a partir de la Cartografía de Usos y Coberturas Vegetales del suelo de Andalucía (Moreira y Fernández Palacios, 1995) con variables del medio físico.



Figura 1. Área de estudio.

## Material y métodos

Una vez seleccionada la zona de estudio y los usos forestales, es necesario definir las variables ambientales que se van a usar en la realización del modelo de distribución. De este modo se pueden establecer relaciones entre la presencia/ausencia de las distintas formaciones forestales (consideradas como variable dependiente) y el resto de variables ambientales (variables independientes). Para ello se seleccionaron parámetros biofísicos determinantes en la distribución de las especies forestales en zonas mediterráneas. Las formaciones forestales presentes en la zona, según la “Cartografía de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo en Andalucía” (Moreira y Fernández Palacios, 1995), resultaron ser “Quercíneas”, “Coníferas”, “Otras Frondosas” y “Eucaliptos”. En cuanto a los parámetros ambientales se seleccionaron aquellas variables determinantes en la distribución de especies forestales en zonas Mediterráneas, y a continuación se agruparon en varias categorías temáticas: litología, geomorfología, fisiografía, tipografía, edafología y climatología (Tabla 1).

Previamente al análisis de cada variable se realiza el procesamiento de la información para poder integrarla de una forma homogénea en una base de datos y a su vez en un modelo digital del terreno (MDT). Dicho procesamiento difiere para cada variable según la fuente de información de la cual se extrajo.

Una vez revisada y procesada la información recopilada de los usos forestales y de las variables ambientales, ésta se integró en una base de datos y a su vez en un Sistema de Información geográfica (SIG). Tras el análisis exploratorio de los datos, se realizó un muestreo sobre el que se aplicaron tres modelos de predicción: Regresión logística, Red Neuronal Artificial y Árbol de Decisión. Estos, relacionaron los usos forestales con las variables del medio físico. Los modelos se seleccionaron sobre la base de su gran capacidad predictiva y explicativa (Breiman

et al, 1984; Cornie, 1991; Auer, 1996; Paruelo & Tomasel, 1997). Los resultados pertenecientes a los tres modelos de predicción, se presentaron en forma de Matriz de Confusión (Kleinbaum, 1994). En dicha matriz se comparan los valores reales con los valores predichos por los distintos métodos. Para comparar la idoneidad en cada uso forestal de los métodos empleados, se calculó un índice de error de estimación a través de la Matriz de Confusión, que consiste en la suma de los errores predichos para la presencia estimada dividida por la suma total de puntos analizados. Una vez seleccionado el modelo de predicción que mostró un error de estimación más bajo, los resultados se extrapolaron a la totalidad de las celdas del territorio, de esta forma se obtuvo el hábitat potencial de las formaciones forestales estudiadas. Finalmente, la propuesta general de usos forestales para Sierra de Aracena y Andévalo, se realizó comparando la valoración obtenida por cada tipo de formación respecto al resto, en cada celda del Modelo Digital del Terreno.

Tabla 1. Variables ambientales seleccionadas para la aplicación de los modelos de evaluación.

VARIABLES AMBIENTALES	CATEGORÍA
Litología	Origen de la roca (volcánica, plutónica, sedimentaria y metamórfica)
	Acidez de la roca (ácida, básica)
	Consolidación de la roca (ácida, básica)
Geomorfología	Procesos erosivos
	Movimientos en masa
	Sedimentación
	Morfogénesis
Fisiografía	Variables fisiográficas
Topografía	Modelo Digital Elevación (MDE)
	Modelo Digital Pendiente (MDP)
	Modelo Digital Curvatura (MDC)
	Modelo Digital Orientación (MDO)
Climatología	Régimen térmico: temperatura media anual, temperatura media del mes más caluroso, temperatura media del mes más frío.
	Régimen pluviométrico: Precipitación media anual, precipitación media de verano.
Edafología	Acidez del suelo
	Oligoelementos (Fe, Mn, Cu, Zn)
	Macroelementos (Mg, K)
	Fósforo asimilable
	Materia orgánica
	Capacidad de intercambio catiónico
	Saturación del complejo de cambio
	Porcentaje de gravas
Porcentaje de arcillas	

## Resultados y discusión

El modelo de predicción que mostró un error de estimación más bajo, resultó ser el modelo de Regresión Logística, los resultados del mismo se extrapolaron a la totalidad de las celdas del territorio, de esta forma se obtuvieron el hábitat potencial

de las formaciones forestales estudiadas y consecuentemente la propuesta final de usos forestales para el área de estudio Figura 2 (Anaya-Romero, 2004).

La superficie total ocupada por las formaciones potenciales de quercíneas supera los 2.750 Km<sup>2</sup>. Esta cifra viene a incrementar en más de 300 Km<sup>2</sup> su área actual. El hábitat potencial de las quercíneas ocupa aproximadamente el 60% de la zona de estudio, y se encuentra distribuida por toda el área, a excepción del Andévalo occidental. El hábitat potencial de las quercíneas se distribuye por lo general por zonas de alta elevación y pendiente. Suelos leptosoles, regosoles, cambisoles, pH neutro a ácido. Altos niveles de materia orgánica, oligoelementos (Fe, Mn, Cu) Fe. Precipitación estival elevada y valores altos de temperatura media mínima.

La superficie ocupada por las formaciones potenciales de coníferas, ocupa una extensión aproximada de 200 Km<sup>2</sup>. Su área actual es de 275 km<sup>2</sup>. El descenso producido en la distribución de esta formación, se debe probablemente a la existencia de otras formaciones forestales con una mayor aptitud en la zona. En general, su hábitat potencial se distribuye principalmente en las zonas correspondientes a las hojas topográficas de Nerva, Aroche y Rosal de la Frontera. También se encuentra bien representada en la zona sur del Andévalo. El hábitat potencial se distribuye por zonas de alta elevación, relieve montañoso, zonas influenciadas por la curvatura y la orientación.

La distribución potencial de las formaciones forestales de frondosas viene a ocupar un área de aproximadamente 1300 km<sup>2</sup>, la superficie actual de las frondosas es de 43 km<sup>2</sup>, lo que indica que esta formación está escasamente representada en la zona frente a su aptitud potencial. El hábitat potencial de esta formación se encuentra muy bien representado en la zona de Sierra de Aracena. El hábitat potencial se distribuye en zonas caracterizadas por sustratos no consolidados, se distribuye por zonas de sierra, excluye zonas con riesgo de deslizamiento en masa, procesos erosivos. Los procesos de sedimentación parecen favorecer la presencia. Ocupa suelos ácidos o neutros, con baja saturación del complejo de cambio y baja proporción de arcillas. Con relación al clima, ocupa zonas de alta pluviosidad anual y estival y temperaturas media mínimas menores.

La superficie total ocupada por las formaciones potenciales de eucaliptos ocupa una extensión aproximada de 400 km<sup>2</sup>. Su superficie actual es de 660 km<sup>2</sup>. Ello indica que existen otras formaciones forestales que tienen una aptitud mayor que los eucaliptos en las zonas que estos ocupan actualmente. En la propuesta final de usos, las quercíneas desplazan a las formaciones de eucaliptos de su hábitat actual. Así ocurre en las zonas de sierra, por ejemplo. El hábitat potencial se distribuye por zonas con una altitud menor de 500 msnm y fisiografías suaves, en las zonas de pendiente se presenta gracias a la creación de terrazas. Se presenta en zonas de suelos pobres, con pH preferentemente ácido y niveles moderados a elevados de materia orgánica. Suelos ricos en oligoelementos (Fe, Mn y Cu), y con niveles bajos de K. Los valores térmicos en los que se distribuye el hábitat potencial son de moderados a elevados, y zonas de precipitación moderada.

Las formaciones forestales estudiadas presentan una probabilidad de éxito nula o casi nula en el Cerro de Andévalo o el sector Puebla de Guzmán-Paymogo. Esta superficie ha sido asignada a otros usos. En total, esta extensión ocupa aproximadamente 500 km<sup>2</sup>.

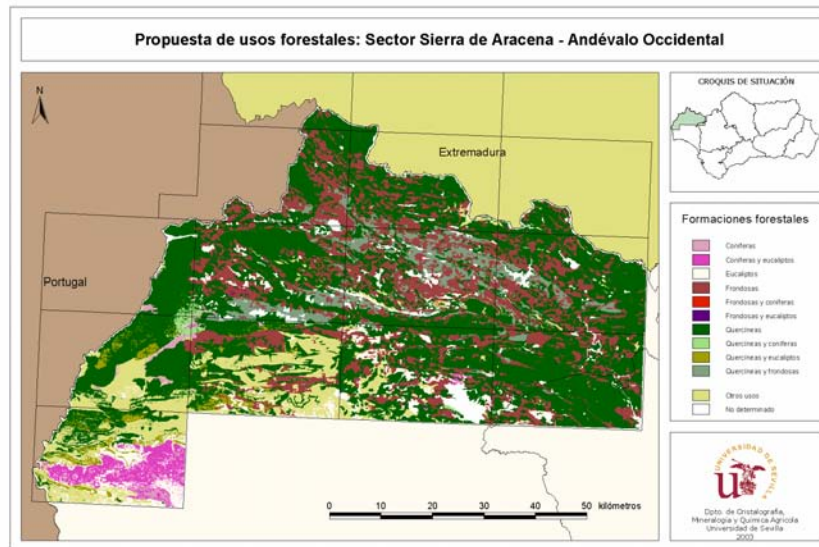


Figura 2. Propuesta de usos forestales para el sector Sierra de Aracena-Andévalo Occidental (Anaya-Romero, 2004).

## Conclusiones

La regresión logística permitió obtener los resultados más fiables en el ensayo previo, por lo que se seleccionó para la realización de los hábitats potenciales de las distintas formaciones forestales estudiadas.

Todo modelo de predicción está basado solamente en procesos conocidos. En este caso, la predicción se ha realizado a partir de las formaciones forestales actualmente cartografiadas. Por lo tanto, no es posible modelizar la distribución de formaciones no contempladas en el modelo.

La distribución actual de las distintas formaciones no tiene por que adecuarse a los modelos de distribución potencial, ya que la actuación de factores de tipo antrópico ha podido afectar de manera artificial a las condiciones ecológicas o a las especies.

La superposición cartográfica del hábitat potencial de cada tipo de formación ha permitido su comparación y la realización de una propuesta de usos forestales para la Sierra de Aracena y el Andévalo Occidental.

El conocimiento de la distribución potencial de los usos forestales puede servir de herramienta de trabajo para la gestión de los espacios naturales que incluye el área de estudio.

La propuesta de usos forestales se aproxima mucho a los resultados esperados, sobre todo teniendo en cuenta la distribución actual de las formaciones analizadas. Sin embargo, el conocimiento del manejo llevado a cabo sobre ellas podría explicar la variación del modelo de distribución existente actualmente, sobre todo en el caso de las frondosas y los eucaliptos.

## Referencias

- Anaya-Romero, M. (2004). Modelo de distribución Potencial de Usos Forestales en Sierra de Aracena y Andévalo Occidental (Huelva). Tesis. Universidad de Sevilla (Sevilla).
- Auer, P., Holte, R.C., & Maass, W. (1996). Theory and applications of agnostic PAC-Learning with small decision trees. NeuroCOLT Technical Report Series NC-TR-96-034.
- Baskent, E. Z. (1999). Controlling spatial structure of forested landscapes: a case study towards landscape management.. *Landscape Ecology* 14(1): 83-97.
- Bellinfante, N., Anaya-Romero, M., Jordán ,A., y Martínez-Zavala, L. (2003). Propuesta metodológica para la realización de un modelo de distribución potencial de usos forestales basado en parámetros edáficos, geomorfológicos, climáticos y topográficos. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía) – Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- Breiman, L., Friedman, J.H., Olshen, R.A. & Stone, C.J. (1984). *Classification and Regression Trees*. Wadsworth.
- Cheng, B. & Titterington, D.M. (1994). Neural Networks: a review from a statistical perspective. *Statistical Science*, 9 (1), 2-54.
- Comrie, A. C. (Robinson, R. (1991). Neural networks offer an alternative to traditional regression. *Geobyte* February:14-19.
- Fourneau, F. (1983). La Provincia de Huelva y los problemas del Desarrollo Regional. Instituto de Estudios Onubenses “Padre Marchena”. Excma. Diputación de Huelva. Huelva.
- Franklin, J. (1995). Predictive vegetation mapping: geographic modelling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. *Prog. Phys. Geogr.* 19, 474-186.
- Franklin, J. F. (1993). Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscapes? *Ecological Applications* 3(2): 202–205.
- Guisan, A., y Zimmermann, E. (2000): Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135:147-186.
- Kleinbaum, D. G. (1994). *Logistic regression. A self-learning test*. Springer Verlag. New York (EEUU).
- Methven, I.R. (1992). Forest land management in a hierarchical context: the importance of scale. In: *Canadian Pulp and Paper Association 73rd annual meeting, Woodland Section, Sep. 14–16:E55–E60*.
- Moreira, J.M. & Fernández Palacios, A. (coords.) (1995). *Usos y Coberturas Vegetales del Suelo en Andalucía. Seguimiento a través de Imágenes de Satélite*. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla.



- Neave, H.M., y Norton, T.W. (1998). Biological inventory for conservation evaluation. IV. Composition, distribution and spatial prediction of vegetation assemblages in southern Australia. *Forest Ecology & Management* 196:259-281.
- Noss, F. R. (1989). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4(4): 355-364.
- Paruelo, J. M., & Tomasel, F. (1997). Prediction of functional characteristics of ecosystems: a comparison of artificial neural networks and regression models. *Ecological Modelling* 98:173-186.
- Rivas-Martínez, S. (1987): Memoria del mapa de series de vegetación de España. ICONA, Serie Técnica. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid, España.
- Salwasser, H. (1990). Gaining perspective: forestry for the future. *Journal of Forestry* 88(11): 32-38.
- Swanson, F.J., & Franklin, F. J. (1992). New forestry principles from ecosystem analysis of Pacific Northwest forest. *Ecol. Appl.* 2:262-274.
- Vogelmann, J.E., Sohl, T., y Howard, S.M.. (1998). Regional characterization of land cover using multiple sources of data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 64(1):45-57.