

ECOINFORMÁTICA: Reto Final

Producto 3

Identificación de lugares óptimos para reforzar las poblaciones de robledal en un escenario de cambio climático

Resumen

Las poblaciones de roble de Sierra Nevada son vulnerables al cambio climático, por lo tanto su estudio para un correcto manejo es de gran relevancia hoy día. En este producto se identificarán lugares óptimos para reforzar las poblaciones de robledal en un escenario de cambio climático. Se generarán modelos para simular la distribución del roble y se proyectará esta distribución a las condiciones climáticas de futuro. A partir de aquí se identificarán lugares adecuados para reforzar las poblaciones de la especie analizada. Así pues, el producto final será un mapa con las zonas más adecuadas para realizar repoblaciones con roble teniendo en cuenta las previsiones climáticas del futuro.

Introducción

Existen numerosas evidencias científicas de que la Tierra se está calentando a un ritmo acelerado, efecto que se ve reforzado por la acción humana. Estos hechos tienen unos efectos sobre la biota, los cuales se sabe que actúan en cuatro niveles: el metabolismo, la fenología, la evolución y la distribución espacial (Hughes 2000). Las evidencias también apoyan la idea de que el calentamiento climático ya ha desencadenado cambios de distribución de especies en muchas partes del mundo (Thuiller et al. 2005).

Para evaluar los efectos potenciales del calentamiento climático sobre la biodiversidad, se han desarrollado dos herramientas importantes: el Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones y los modelos de circulación atmosférica y oceánica global (escenarios del IEE y AOGCMs), y el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático).

Para estudiar dichos efectos sobre la distribución geográfica de la biodiversidad, se combinan los modelos de distribución de especies y las simulaciones climáticas. La evaluación del riesgo de extinción (Guisan y Thuiller 2006), la determinación de los pasillos de migración (Williams et al. 2005), o testar la eficacia de las redes de reservas (Araújo et al. 2004) son algunas de las aplicaciones para los modelos de distribución de especies en el contexto del calentamiento climático.

En este caso analizaremos las zonas potencialmente óptimas para realizar repoblaciones de *Quercus pyrenaica*, una especie de gran importancia ecológica y singularidad, que posee su distribución más meridional en Andalucía, y que por tanto, cualquier cambio en el clima puede poner en grave riesgo su persistencia.

El objetivo en este producto es la utilización de modelos de distribución de especies que nos proporcionan proyecciones de futuro, para localizar frentes de avance y retroceso de las especies a lo largo del tiempo en un contexto de cambio global.

Material y métodos

Para determinar las áreas óptimas de refuerzo de las poblaciones hemos de realizar una proyección de la distribución de la especie hacia el futuro. De esta forma observaremos que áreas mantendrán las características del hábitat potencial de los robledales, es decir, unas condiciones favorables para el desarrollo de la especie de cara al futuro. Para llevar a cabo la proyección futura, utilizaremos Maxent (Phillips et al.2006; Phillips y Dudik 2008), un algoritmo diseñado para modelar la distribución geográfica de las especies. Sobre la base de la inteligencia artificial y la condición de máxima entropía (Jaynes 1957), proporciona resultados precisos en comparación con una amplia gama de modelos de distribución de especies (Elith et al.2006). La ecuación resultante proyecta un mapa de idoneidad de hábitats, transferible al espacio o tiempo (por ejemplo, para condiciones futuras simuladas).

Para construir estas proyecciones de futuro hemos de tener registros de presencia actuales y variables ambientales que a priori, determinan la distribución de la especie (presentes y futuras), combinando ambas, generamos el algoritmo que da lugar al modelo. Este modelo lo visualizamos con un mapa *raster* que nos da la probabilidad de que los píxeles reúnan las condiciones para que se dé la presencia de la especie o no, este valor de probabilidad va desde 0 a 1.

Cabe decir que, el uso de estos modelos posee ciertas limitaciones, por lo tanto, las simulaciones realizadas en el presente trabajo no pueden entenderse estrictamente como predicciones de futuras distribuciones, sino como áreas orientativas de potencial distribución futura.

Para la obtención de nuestro producto , hemos realizado dos proyecciones de distribución futura de la especie, a medio y largo plazo, es decir, para el año 2040 y para el 2080 en un escenario de cambio climático.

Resultados

Para cada proyección realizada partir de la ejecución del algoritmo, obtenemos numerosa información, en nuestro caso, lo que nos interesa son los mapas *raster* generados donde observamos las proyecciones futuras de distribución de la especie. Concretamente, observamos dos de los mapas generados: (1) el de distribución actual construido a partir de los datos de presencia; y (2) el de distribución futura para el año seleccionado en el modelo. A partir de estos mapas, podremos establecer zonas idóneas para el refuerzo poblacional, pues si en las proyecciones de futuro son lugares potenciales, esto querrá decir que las condiciones serán favorables para su persistencia.

Uno de los mapas generados, que nos da información esencial para establecer un estado de referencia, es el mapa de distribución actual de la especie, en este caso para Andalucía. En el mapa observamos que en la actualidad existen poblaciones de roble (*Quercus pyrenaica*) en

distintos puntos de Andalucía, teniendo su máxima área de distribución en Sierra Nevada (Fig.1).

En la leyenda podemos observar las distintas probabilidades de presencia de la especie, que van desde “rojo=no presencia”, hasta “azul=mayor probabilidad de presencia” (Figs. 1,2 y 3).

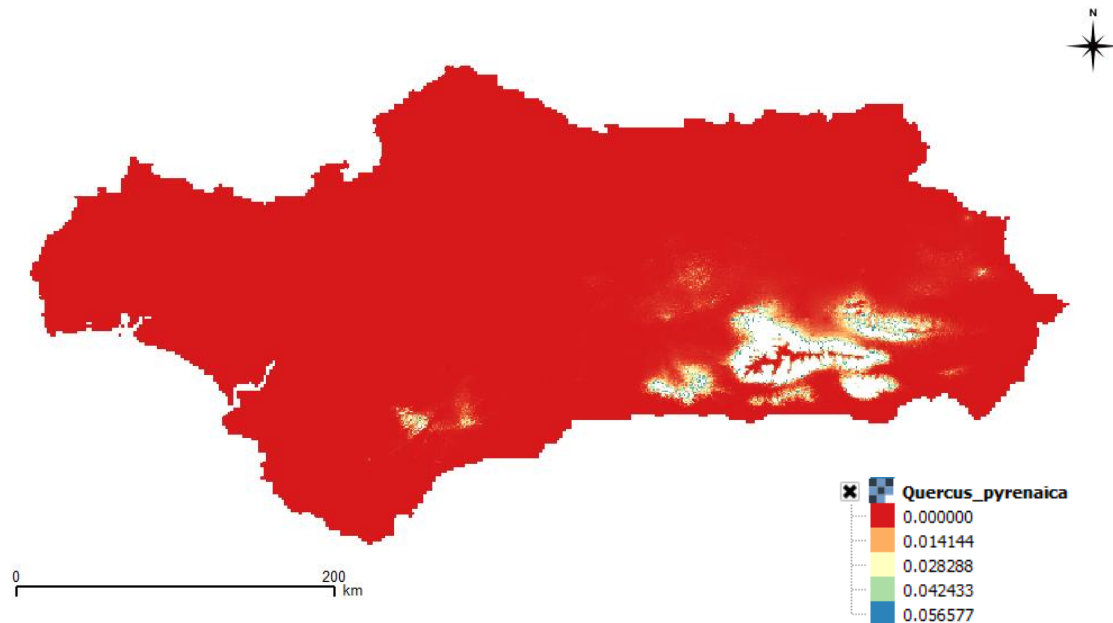


Fig. 1: Mapa de distribución en el presente de *Quercus pyrenaica* en Andalucía. Arriba a la izquierda aparece la leyenda, donde nos indica las distintas probabilidades de presencia de la especie.

Al realizar la proyección para el año 2040 con el modelo de máxima entropía (Fig. 2), obtenemos un mapa de distribución futura, en el que podemos observar cómo existe cierta expansión de la presencia de dicha especie en zonas como la Serranía de Ronda y una reducción de su distribución en Sierra Nevada y alrededores.

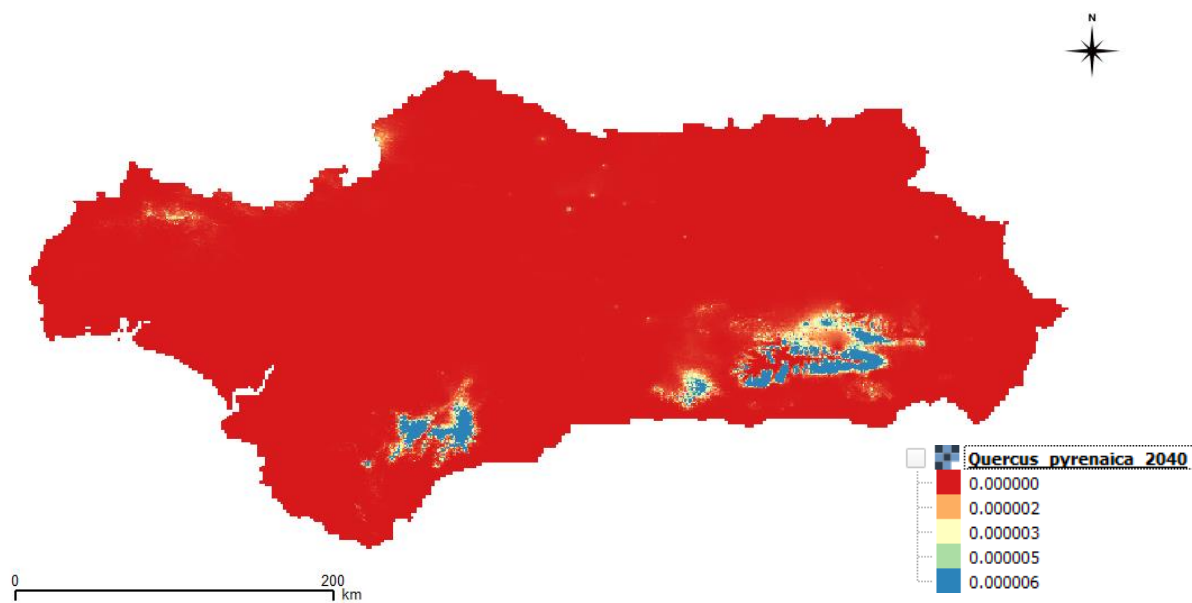


Fig. 2: Mapa del modelo de distribución de *Quercus pyrenaica* para el año 2040. Se observa un aumento de su distribución en Sierras de Ronda y un detrimento en Sierra Nevada y alrededores

Por último, al ejecutar el algoritmo con proyecciones de futuro para el año 2080 en un escenario de cambio climático, observamos una absoluta reducción de su presencia en toda Andalucía, quedando solamente una pequeña zona de distribución potencial en Sierra Nevada.

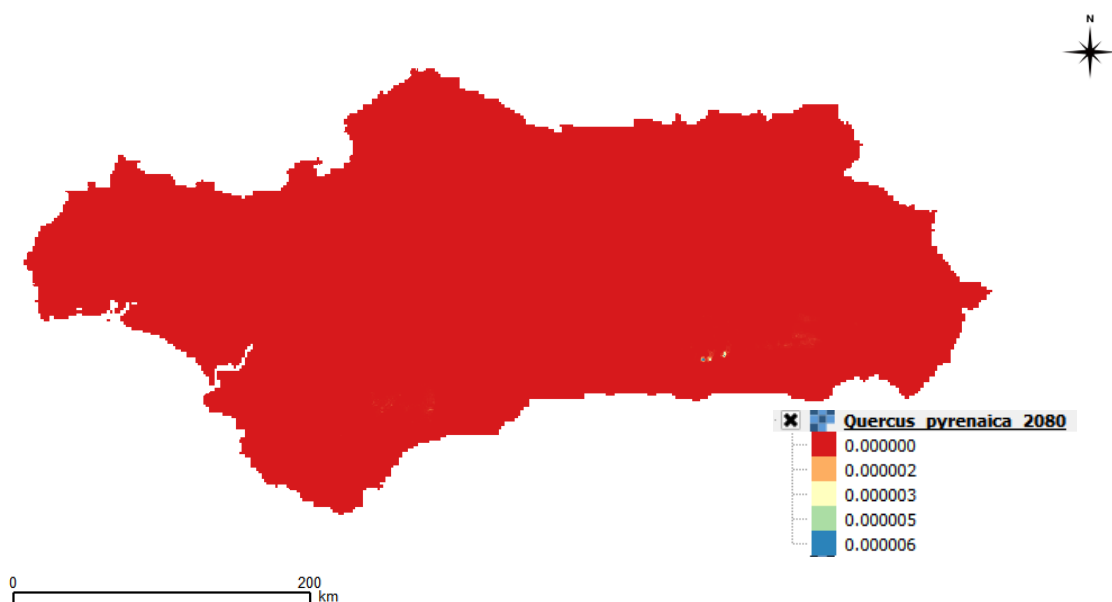


Fig. 3: Mapa del modelo de distribución de *Quercus pyrenaica* para el año 2080. Se observa una clara ausencia de la distribución de la especie, excepto en pequeños puntos de Sierra Nevada.

Discusión y conclusiones

Los resultados muestran que las zonas óptimas de presencia de robles en Andalucía van a variar en los próximos años. En base a ello, podemos decir que a medio plazo, las zonas óptimas para la presencia de robles en cierta medida, se reducirán, y a largo plazo, estas zonas se verán mermadas completamente. Estos resultados proporcionan información muy valiosa para la gestión, pues las poblaciones de *Quercus pyrenaica* no tendrán éxito a largo plazo, ya que los escenarios futuros de cambio global determinan que no existirán condiciones adecuadas para su supervivencia. Por tanto, si hubiera que definir algunas zonas como áreas de refuerzo poblacional, basándonos en el mapa de la Fig.2 estableceríamos la zona de Serranía de Ronda y la cara sur-este de Sierra Nevada. Pero hemos de tener en cuenta que estas poblaciones de robles a largo plazo no serán viables, por lo tanto, los refuerzos poblacionales no serán efectivos, pues las poblaciones se van a ver abocadas, según nuestro modelo, a la desaparición.

Al realizar el modelo para medio y largo plazo hemos podido observar la importancia de realizar más de una proyección de futuro, pues si solamente hubiéramos proyectado la distribución para el año 2040, no hubiéramos sido conscientes de que solamente 40 años después, las áreas de distribución no existirían, y podríamos estar cometiendo un error en la gestión, pues se realizarían refuerzos poblacionales que posteriormente no serían viables. Un caso similar de lo que podría ocurrir en este supuesto ya ha ocurrido en otros lugares, como en Sierra de Filabres, donde se realizaron repoblaciones de *Pinus sylvestris* en un momento en el que las condiciones parecían favorables para su desarrollo, pero actualmente, debido al cambio del clima y el aumento de la xericidad del área, las masas forestales están en decaimiento (Cayuela et al. 2009).

En el marco del cambio global, las acciones llevadas a cabo por los gestores, han de estar por tanto, basadas en la gestión adaptativa, en la que la toma de decisiones está orientada a gestionar la incertidumbre asociada a estos escenarios de cambio temporal en el medio natural. Este concepto pasa por admitir la falta de conocimiento inequívoco y definitivo sobre la manera en la que funcionan los ecosistemas y reconocer la incertidumbre que domina nuestra interacción con ellos, buscando aprender de los resultados de las actuaciones sobre los recursos naturales, mejorando su gestión mediante la adaptación al cambio. Por tanto, la gestión de los actuales robledales, ecosistema en cambio (como hemos podido comprobar) ha de ser adaptativa, enmarcando nuestras actuaciones al contexto en el que se encuentren las poblaciones. En este caso, el refuerzo poblacional podría no salvar a la especie de su desaparición en el sur de la Península Ibérica, pues los cambios en el clima provocarán su desaparición.

En este contexto, es prioritario analizar los cambios que se están dando en estos hábitats, así como investigar las posibilidades de conservación en un entorno que se están volviendo hostil.

Bibliografía

Araújo MB, Cabeza M, Thuiller W, Hannah L, Williams PH (2004) Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. *Global Change Biology*, 10:1618–1626

Cayuela, L., Bonet, F. J., Navarro-Cerrillo, R., Zavala, M. A., Hernández Clemente, R., Sánchez Salguero, R., & Zamora, R. (2009, June). Detección del decaimiento en masas de *Pinus sylvestris* L. y *P. nigra* Arnold. procedentes de repoblación en la Sierra de Los Filabres (Almería) mediante el uso del sensor MODIS. In *Congresos-CARGA FINAL*.

Elith J, Graham CH, Anderson RP, Dudik M, Ferrier S, Guisan A, Hijmans RJ, Huettmann F, Leathwick JR, Lehmann A, Li J, Lohmann LG, Loiselle BA, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, Overton JMcC, Peterson AT, Phillips SJ, Richardson KS, Scachetti-Pereira R, Schapire RE, Soberon J, Williams S, Wisz MS, Zimmermann NE (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29:129–151

Guisan A, Thuiller W (2006) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8:993–1009

Hughes L (2000) Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends Ecology Evolution*, 15:56–61

Jaynes ET (1957) Information Theory and Statistical Mechanics. *Phys Rev* 106:620–630
Jones PD, New M, Parker DE, Martin S, Rigor IG (1999) Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Rev Geophys*, 37:173–199

Phillips S, Dudik M (2008) Modelling of species distribution with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2):161–175

Phillips S, Anderson RP, Schapire RE (2006) Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190:231–259

Thuiller W, Lavorel S, Araújo MB, Sykes M, Prentice IC (2005) Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 102(23):8245–8250