

DESCRIPCIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPECIES INDICADORAS DE LA BIODIVERSIDAD O DE INTERÉS FORESTAL EN ESPAÑA, A PARTIR DE ESCENARIOS CLIMÁTICOS LOCALES.

María DEL CARRE DÍAZ¹, Ángel FERNÁNDEZ CANCIO², Jaime RIBALAYGUA
BATALLA¹

¹ *Fundación para la Investigación del Clima*

² *Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias*

fic@ficlima.org, fernand@inia.es

RESUMEN

Se presenta una metodología cuyo objetivo es definir los límites de existencia de diversas especies, con respecto a una base amplia de variables e índices fitoclimáticos.

La evaluación del impacto en la biodiversidad y en el ámbito forestal, se realiza mediante el análisis comparativo de los límites de existencia actuales y los derivados de los escenarios de clima futuro, y el estudio de los eventuales corredores o pasillos por los que puedan desplazarse las especies desde su ubicación actual hasta las ubicaciones potenciales futuras.

Se describirá brevemente esta metodología y se expondrán los resultados obtenidos de las investigaciones realizadas hasta la fecha.

Palabras clave: Cambio Climático, Evaluación de Impacto, Adaptación, Forestal, Biodiversidad, Escenarios Climáticos.

ABSTRACT

It is presented a methodology which aim is to determinate the limits of existence of certain species, regarding a broad base of variables and fitoclimatic indices.

The impact assessment on biodiversity and on the forestry field is made by a comparative analysis of the current limits and those derived from future climate scenarios, and by the study of possible corridors by which the species could move from their current location to the future potential locations.

This methodology will be briefly described, and the results of the investigations undertaken so far will be exposed.

Key words: Climate Change, Impact Assessment, Adaptation, Forestry, Biodiversity, Climate Scenarios

1. INTRODUCCIÓN

Existe un consenso prácticamente unánime en la comunidad científica internacional que alerta sobre un cambio en el clima del planeta (VON STORCH Y STEHR, 2006; VON STORCH, 2004). Esta comunidad está de acuerdo en que (IPCC, 2007):

- el calentamiento del sistema climático es inequívoco y ya evidente a partir de observaciones y registros que demuestran el aumento de la temperatura del aire y los océanos, la reducción de las masas de hielo y el aumento del nivel del mar
- se ha incrementado la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos
- el origen de la mayor parte de esos cambios reside muy probablemente en la actividad humana
- los cambios se intensificarán en el futuro, pudiendo llegar a ser mucho mayores si no reducimos de forma drástica la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)
- los cambios en el sistema climático, de producirse en la magnitud prevista, alterarán fuertemente el funcionamiento de los sistemas naturales y sociales.

Para resolver el problema hay que abordarlo desde la causa, esto es, es necesario reducir las emisiones de GEI. Pero esto no es suficiente. Las emisiones pasadas y presentes han comprometido de alguna manera a la Tierra a un cierto nivel de cambio climático, al menos en las próximas décadas. Es necesario por tanto, enfrentar estos efectos con medidas de adaptación.

Para afrontar esta adaptación, en primer lugar hay que disponer de escenarios de clima futuro, posteriormente evaluar el impacto de dicho clima futuro en cada uno de los sectores afectados (recursos hídricos, agrícola, forestal, ecología/biodiversidad, energía, turismo, salud, erosión, urbanismo, usos del suelo, transporte, presión migratoria, seguridad alimentaria...), y finalmente diseñar políticas de adaptación, buscando minimizar los impactos negativos y maximizar los positivos.

Ya hay disponibles escenarios climáticos utilizables para la evaluación de impactos: con incertidumbres menores y mejor cuantificadas que antes, con especificidad local, y abarcando la primera mitad del siglo XXI (no sólo para finales de este siglo), que son la resolución espacial y el alcance temporal que se requieren para planificar medidas de adaptación.

2. METODOLOGÍA

El papel que el sector forestal juega en la problemática del cambio climático es de suma importancia puesto que se producen interacciones bidireccionales entre dicho sector y el cambio climático: por un lado por su contribución en la reducción de emisiones de CO₂, y por otro porque el impacto que el cambio climático puede producir sobre él hace necesario tomar medidas para adaptarse a sus efectos negativos.

Además, estas interacciones no son independientes, sino que se ven afectadas por complejos procesos de retroalimentación. Por ejemplo, la aportación del sector forestal a la mitigación por el efecto sumidero de los bosques puede verse afectada si el impacto del cambio climático reduce su capacidad de almacenaje, o si aumenta la problemática de incendios forestales. De este modo el bosque que hacía las veces de sumidero pasaría inmediatamente a convertirse en fuente emisora.

Afectadas por factores abióticos, entre ellos los climáticos, las comunidades vegetales están viéndose alteradas y sufriendo una pérdida de biodiversidad en la actualidad. En países

mediterráneos como España, el problema se acrecienta porque el aumento de temperatura repercute en un incremento tanto de la intensidad de la aridez como de la transpiración, con lo que las necesidades hídricas de las plantas aumentan.

Por ello se considera necesaria la aplicación de una metodología fitoclimática predictiva con fines preventivos y protectores de cambios climáticos sobre los montes españoles.

Esta metodología ha sido desarrollada por el grupo de Fitoclimatología del CIFOR-INIA y es capaz en la actualidad de suministrar los límites de existencia de una gran variedad de árboles y arbustos de toda España, con respecto a una base amplia de variables e índices fitoclimáticos. A continuación se hace una breve descripción de esta metodología :

2.1 Fuentes corológicas:

En primer lugar se requiere un profundo estudio corológico que permita acotar cada una de las áreas de distribución de las especies y formaciones vegetales e información climática de un número elevado de estaciones meteorológicas del territorio español.

Las áreas actuales de distribución se obtienen a partir del II Inventario Forestal Nacional, del Mapa Forestal de España y del Proyecto Anthos de 2007. Estos datos corológicos permiten localizar aquellas estaciones meteorológicas que se encuentran dentro del área de distribución de cada uno de los taxa y sintaxa de interés. El proceso de selección de estaciones consiste en asociar a los puntos corológicos las estaciones meteorológicas más cercanas (distancia con respecto al punto inferior a 2 Km) y que sólo difieran altitudinalmente en ± 100 m.

2.2 Observaciones meteorológicas y estaciones virtuales:

Se dispone de un conjunto de 6130 estaciones meteorológicas reales proporcionadas por el Instituto Nacional de Meteorología (INM) y de un modelo complementario de simulación de estaciones espacio temporal llamado GENPT (MANRIQUE & FERNÁNDEZ-CANCIO, 2005) que permite representar estaciones meteorológicas virtuales en zonas carentes de datos.

2.3 Variables fitoclimáticas:

Para cada estación, virtual o real, se obtienen los valores de 63 parámetros con contenido fitoclimático (FERNÁNDEZ CANCIO et al., 2004) entre los cuales se incluyen los utilizados en anteriores clasificaciones fitoclimáticas (RIVAS MARTÍNEZ, 1987; ALLUÉ, 1990). Estas variables o índices, atienden a todos los elementos climáticos que afectan a las plantas: valores medios, extremos, distribución intra-anual, continentalidad...

2.4 Análisis estadístico multivariante:

Todas las estaciones meteorológicas incluidas en las áreas de distribución de los taxa presentarán unos valores determinados para los 63 parámetros fitoclimáticos y establecerán un ámbito de existencia fitoclimática concreto para cada especie y asociación vegetal. El tratamiento estadístico incluye Análisis Discriminantes y Análisis de Componentes Principales. La distribución de los datos de las variables no suelen ajustarse a la normal y por ello se toma un percentil del 95% que asegura el rango de existencia y elimina los posibles outliers para la variable.

2.5 Representación:

Conocidos los límites superiores e inferiores de las variables para cada bioindicador con un intervalo de confianza seguro (95%), se representan geográficamente tanto los valores

generales de los parámetros como las estaciones correspondientes a las especies y asociaciones en particular, a partir de un sistema de información cartográfica y numérica sencillo (Surfer 8), con el objeto de comprender, comparar y explicar las estructuras de vegetación y las especies individuales.

2.6 Calibración / verificación de la metodología:

se analizan los núcleos de vegetación potencial para determinar si existe una base estadística para separar las formaciones definidas y para confirmar si la relación variables fitoclimáticas / vegetación es consistente. Se realiza por Análisis Discriminante, utilizando como variable separadora la vegetación potencial de Rivas Martínez, que calibra la metodología con probabilidad mayor del 99.99% y la valida por comparación con el azar

2.7 Aplicación de los escenarios climáticos:

con los escenarios climáticos generados para las mismas estaciones del INM, se reconstruyen las estaciones virtuales, y se calculan las variables fitoclimáticas.

Puesto que la vulnerabilidad al cambio y el impacto son distintos para cada lugar, se deben utilizar escenarios regionalizados, que dan resultados de variables a escala local.

2.8 Análisis de resultados:

para cada especie, se detectan las zonas que no resultarán compatibles con esa especie en el nuevo clima (por haberse salido de rango las variables fitoclimáticas), así como las zonas a donde puede transferirse esta especie

3. RESULTADOS

Hasta la fecha se ha trabajado en la definición de índices fitoclimáticos y se han obtenido resultados para ciertas especies utilizando las predicciones de los últimos escenarios globales aportados por el IPCC homogéneamente para todo el territorio español. Uno de estos escenarios establece un aumento de temperatura media anual de 2°C y mantiene la precipitación estable.

Como ejemplo de esta metodología se propone la distribución biogeográfica de la especie *Quercus suber* L. obtenida del II Inventario Forestal Nacional (Figura 1).

A partir de los puntos corológicos se han calculado un total de 455 estaciones meteorológicas incluidas en el territorio ocupado por el alcornoque (Figura 2).

Como variable significativa en el proceso de cambio climático se ha elegido el Índice de Termicidad propuesto por Rivas - Martínez, $IT = (MM+TMMF+T)*10$, donde MM es la temperatura media de las máximas del mes de media más frío, TMMF es la temperatura media de las mínimas del mes de media más frío y T es la temperatura media anual (Rivas-Martínez, 1987). Los valores del IT se representan geográficamente a través del método de interpolación kriging que permite obtener los rangos de valores correspondientes a los pisos bioclimáticos de vegetación (Figura 3).

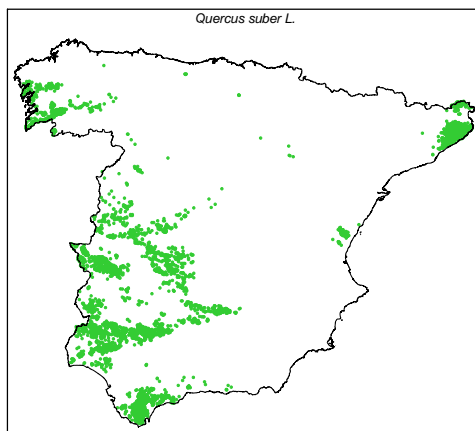


Fig 1: Área de distribución de Quercus suber L. según el II IFN.

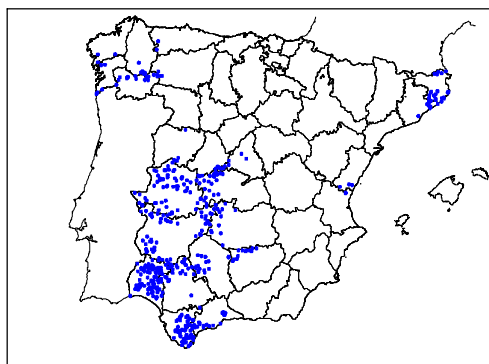


Fig 2: Localización de las 455 estaciones meteorológicas incluidas en el área de distribución de Q. suber L.

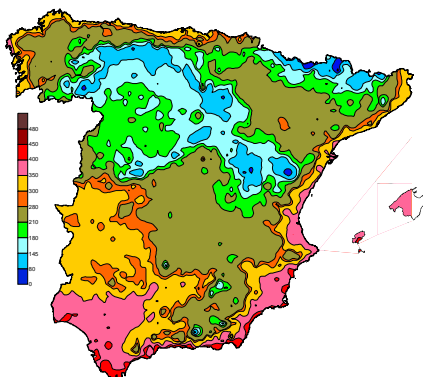


Fig 3: Rangos de valores actuales para el Índice de Termicidad establecido por Rivas Martínez en 1987.

Esta metodología se ha verificado “empíricamente”:

- Se aplicó a observaciones meteorológicas de 1951-1980 y, por separado, a observaciones de 1981-2000
- Se hizo un análisis subjetivo para detectar las zonas en las que la vegetación debía estar sufriendo más, por haberse producido mayores cambios, o por pequeños cambios en zonas en las que la vegetación ya estaba cerca de sus límites fitoclimáticos.
- Se realizaron estudios de campo en esas zonas, y se confirmaron las conclusiones del análisis subjetivo

Finalmente se ha aplicado un escenario de cambio climático donde la temperatura global asciende 2°C y la precipitación se mantiene como la observada desde 1980. En tal caso, la representación geográfica de la variable fitoclimática IT sobre la península se altera y como consecuencia los pisos de vegetación se desplazan hacia zonas septentrionales o de mayor altitud (Figura 4).

En la Región Mediterránea se observa un avance considerable hacia el interior peninsular de los pisos más térmicos desapareciendo casi por completo el mesomediterráneo superior (verde claro) de la mitad sur peninsular y de la cuenca del Ebro. En la mitad norte el piso supramediterráneo (azules y verde oscuro) se restringe a las zonas de montaña y el oromediterráneo desaparece. En la Región Eurosiberiana el piso colino se retira hacia territorios de mayor altitud a favor de una expansión del termocolino. El piso montano queda relegado a la alta montaña.

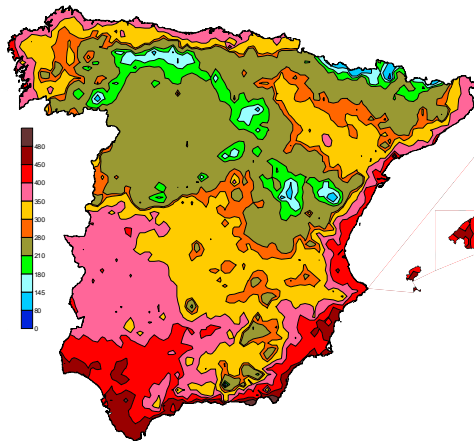


Fig 4: Rangos de valores de la variable IT con un aumento de la temperatura de 2°C y la precipitación se mantiene como la observada desde 1980 hasta la actualidad.

Con este escenario la distribución espacial de *Quercus suber* L. también sufre modificaciones desplazándose hacia territorios más septentrionales (Figura 5).

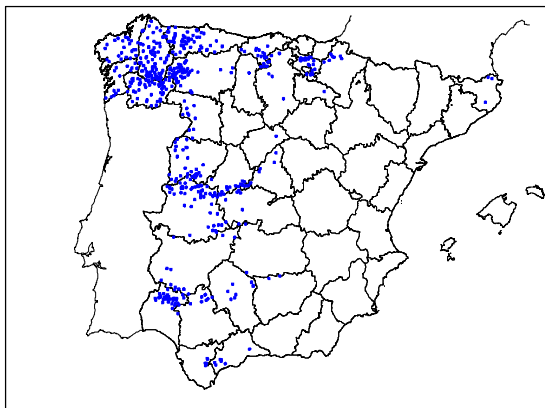


Fig 5: Distribución de las estaciones meteorológicas donde habitaría *Q. suber L.* si se produjese un aumento global de temperatura en 2°C. Se observa un desplazamiento de las condiciones fitoclimáticas propias del alcornoque.

Sin embargo, los escenarios empleados hasta el momento en esta metodología provienen de las salidas directas de los modelos de circulación general, sin aplicarles downsampling. Como ya es sabido, esto tiene varias limitaciones, derivadas de la insuficiente resolución espacial de estos modelos. La principal es la insuficientemente detallada descripción de la topografía (cordilleras, líneas de costa, etc.), Pero además, tanto para la aplicación de esta metodología como para otros estudios de evaluación de impactos, se requieren escenarios climáticos con resolución local y de variables cercanas a la superficie terrestre (temperatura a 2 m, precipitación...).

Resulta por tanto necesario que los investigadores de cada sector potencialmente afectado por el cambio climático utilicen los escenarios regionalizados que ya están disponibles, para a partir de ellos evaluar el impacto del clima futuro definido por esos escenarios sobre cada sector. Y a partir de esa información, deberán finalmente diseñarse políticas de adaptación, buscando, como se ha dicho, minimizar los impactos negativos y maximizar los positivos.

4. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- ALLUÉ ANDRADE, J. L.; 1990. *Atlas fitoclimático de España. Taxonomías*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. INIA, 225. Madrid. 213 pp.
- COP 7; *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. 1997. Naciones Unidas, Kyoto.
- FERNÁNDEZ CANCIO, A.; MANRIQUE, E.; NAVARRO, R.; GIL HERNÁNDEZ P.; FERNÁNDEZ R.; 2004. *Fitoclimatología de las especies mediterráneas de Quercus ante un escenario de cambios en el clima in La Seca. Enfoque Climático: El decaimiento de encinas y alcornoques y otros Quercus en España*. Tuset y Sánchez, coordinadores, pp. 55-88, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

- IPCC, 2007: *Climate Change 2007, Fourth Assessment Report of the IPCC - The Physical Science Basis (contribution of Working Group I); Impacts, Adaptation and Vulnerability (contribution of Working Group II); Mitigation of Climate Change (contribution of Working Group III); The Synthesis Report*, Cambridge University Press.
- MANRIQUE MENÉNDEZ, E.; FERNÁNDEZ CANCIO, A. 2005. *Sistema informático para la generación de datos climáticos y fitoclimáticos*. Actas del IV Congreso Forestal Español, 161-n. Zaragoza.
- RIVAS-MARTÍNEZ S.; 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España E 1:400.000*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, ICONA. 268 pp. Madrid.
- SÁNCHEZ, G.; PRIETO, M.; 2004. *Procesos de decaimiento en el género Quercus: el síndrome de la Seca. La Seca. Enfoque Climático: El decaimiento de encinas y alcornoques y otros Quercus en España*. Tuset y Sánchez, coordinadores, pp. 19-25, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- VON STORCH, H., 2004: *A global problem - Global Change and the Earth System: A Planet under Pressure* (Buchbesprechung). Nature. Vol. 429 (2004) 6989, 244 - 245.
- VON STORCH, H. AND N. STEHR, 2006: *Anthropogenic climate change - a reason for concern since the 18th century and earlier*