

Investigación

Gracia, C.A., Sabaté, S. y Sánchez, A. 2002. El cambio climático y la reducción de la reserva de agua en el bosque mediterráneo. *Ecosistemas* 2002/2 (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/022/investigacion4.htm>)

El cambio climático y la reducción de la reserva de agua en el bosque mediterráneo

Carlos A. Gracia, Santi Sabaté y Anabel Sánchez

CREAF, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, Universitat Autònoma de Barcelona.

El cambio climático es un hecho aceptado. La mayor parte de los modelos de circulación atmosférica general (GCMs) ponen de manifiesto que, más allá del calentamiento global, existen dos cinturones en el planeta situados aproximadamente entre los 30° y los 40° de latitud norte y sur en los que se prevé una disminución de la precipitación durante las próximas décadas. Es en estas zonas donde se enclavan las regiones mediterráneas del mundo. Los bosques mediterráneos, sometidos a un déficit hídrico estival, pueden verse seriamente afectados por esta disminución de los recursos hídricos. Los autores exploran algunos de los posibles efectos combinando diversas fuentes de información que permiten simular el crecimiento del bosque bajo diversos escenarios climáticos. Algunas conclusiones son que una reducción del 10% de la precipitación se traduce en una reducción del 25% de la reserva hídrica del suelo, la reducción de la vida media de las hojas en las especies perennifolias y un incremento cercano al 80% de la cantidad de hojarasca aportada al suelo. Todo ello compromete el papel de los bosques como sumideros de carbono.

Introducción

Los cambios de la temperatura global del planeta han sido inferiores a 1° C por siglo durante los últimos 10.000 años. No obstante, es un hecho aceptado que el clima del planeta está cambiando. La temperatura de la superficie de la Tierra es ahora más elevada que en cualquier otro periodo del pasado milenio. La Tierra se ha calentado entre 0,4 y 0,8 grados centígrados durante el último siglo. Las dos últimas décadas han resultado ser las más cálidas del pasado siglo y los tres años más cálidos del siglo han tenido lugar en la década de los 90. Existen evidencias de que los patrones de precipitación también están cambiando en muchas partes del globo (Watson, 2001).

Las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero han incrementado debido a las actividades humanas, principalmente la quema de combustible fósiles y la deforestación. Por ejemplo, la concentración atmosférica de dióxido de carbono, el más abundante de los gases de efecto invernadero, ha aumentado desde las 220 ppmv en la era pre-industrial hasta más de las 380 ppmv que se registran en la actualidad. Su concentración ha alcanzado los mayores valores de los últimos 420.000 años, el periodo del que tenemos información contrastable obtenida del análisis de muestras de hielo.

Los modelos climáticos que tienen en cuenta los incrementos de las concentraciones de los gases de efecto invernadero, aerosoles y el debilitamiento de la capa de ozono, junto a los cambios naturales de la actividad volcánica y de la actividad solar, simulan razonablemente bien los cambios que se han producido en la temperatura del planeta. Los cambios producidos en las últimas décadas no pueden explicarse sólo por causas naturales. Son, en parte, la consecuencia de los cambios de concentración de

CO₂ y otros gases de efecto invernadero, inducidos por el hombre. Además existe la evidencia de cambios regionales que van teniendo lugar en diversas regiones del planeta y que resultan consistentes con las predicciones de los modelos.

Las cinco regiones mediterráneas del mundo (en zonas de Australia, Sudáfrica, Chile, California y la cuenca mediterránea) se localizan en una franja latitudinal donde la mayor parte de los modelos de circulación atmosférica predicen una disminución de la precipitación durante las próximas décadas. Los efectos de esta reducción de la precipitación en ecosistemas que ya se desarrollan bajo severas limitaciones de agua pueden resultar críticos. En este trabajo se lleva a cabo un análisis exploratorio de los posibles efectos del cambio climático sobre los bosques mediterráneos.

Material y métodos

El esquema de la **Figura 1** resume el procedimiento seguido en el análisis de los datos. La información estructural del bosque se ha obtenido de las parcelas del Inventario Ecológico y Forestal de Cataluña (Gracia *et al.*, 2000). De las 10.644 parcelas muestreadas entre 1988 y 1994 se han considerado 147 parcelas representativas de las especies más ampliamente distribuidas. En cada comarca se han seleccionado las parcelas de cada especie que más se aproximan a la densidad media de árboles y el área basal de la especie en la comarca. Cuando varias parcelas se ajustaban a este criterio, se ha llevado a cabo la selección de tal manera que cada especie estuviera representada en parcelas de todas las orientaciones y altitudes que le son propias. Las características del suelo, especialmente en lo que concierne a la textura, el contenido de materia orgánica y otras propiedades relacionadas con la reserva hídrica son indispensables para las simulaciones que vamos a describir después. Esta información se ha recogido de las 65 parcelas de Cataluña reseñadas en la red de seguimiento de los daños (nivel I) en los bosques de España durante 1987-1996 (Montoya y López Arias, 1997).

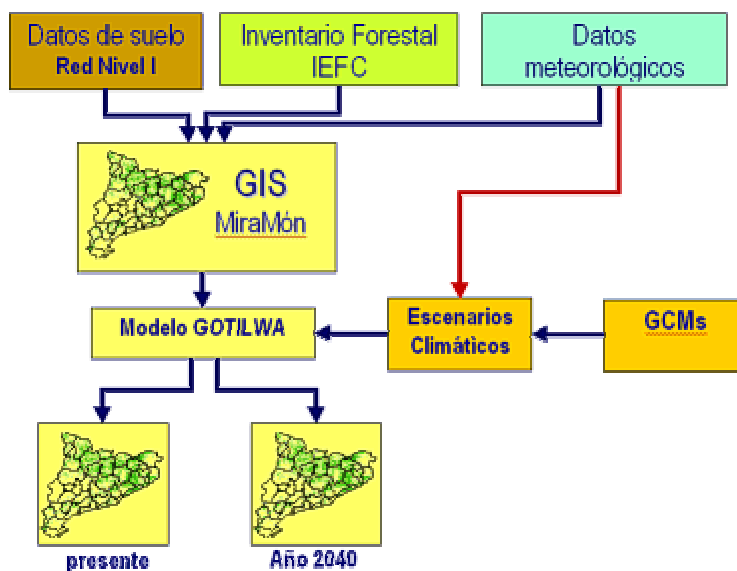


Figura 1. Representación esquemática del método de análisis. Sobre el sistema de información geográfica MiraMón se combina la información procedente de tres fuentes: datos edafológicos de las parcelas de la red de seguimiento de daños en el bosque (Nivel I), datos sobre la estructura del bosque del Inventario Ecológico y Forestal de Cataluña y datos climáticos de las estaciones de registro del Servicio Meteorológico de Cataluña. Las simulaciones de crecimiento del bosque con el modelo GOTILWA en las actuales condiciones de clima permiten obtener resultados sobre las condiciones actuales fácilmente contrastables con los datos medidos en el campo, constituyendo un elemento de validación de los resultados del modelo. Una vez incorporadas las previsiones de cambio climático de la región según los modelos de circulación atmosférica general (HadCM2 o ECHAM4) se simulan las nuevas condiciones y se obtienen las previsiones de las variables deseadas para el año 2040.

En las simulaciones que se describen más adelante se requieren los valores diarios de las siguientes variables climáticas: radiación solar incidente, precipitación, temperatura máxima y mínima, déficit de presión de vapor de agua en el aire y velocidad del aire, además de la concentración de CO₂ atmosférico. La información climática utilizada en las simulaciones se ha elaborado a partir de los

registros diarios de los años 1997, 1998 y 1999 de 60 estaciones del Servicio Meteorológico de Cataluña. Estos datos han permitido realizar un análisis del patrón climático de cada estación que se ha utilizado como entrada para el generador de clima del modelo GOTILWA+. Con este generador de datos climáticos se ha puesto a punto, para cada una de las estaciones meteorológicas analizadas, una serie de 50 años de datos climáticos diarios con idéntico patrón estadístico que la serie registrada que representa el clima actual (1997-1999). Para reproducir el patrón estadístico de cada una de las variables se ha generado la serie de 50 años de datos diarios de tal modo que los valores mensuales de cada una de las variables tienen la misma media y desviación estándar que los valores observados, y además la secuencia de los valores diarios se ajusta a una matriz de probabilidad markoviana que se elabora a partir de la serie original.

Para cada una de las variables analizadas y para cada mes del año se calcula una matriz semejante a la representada en la **Tabla 1**. Los cuatro valores de la matriz representan las probabilidades de que el valor de la variable en el día $d+1$ sea inferior al valor medio de la variable cuando el día anterior d también fue inferior a la media (p_1), o su complementario si el día anterior la variable presentó un valor igual o superior a la media mensual (p_2). Análogamente se calculan los valores p_3 y p_4 que corresponden al caso de que la variable presente en el día $d+1$ un valor igual o superior al valor medio mensual cuando el día anterior presentó, respectivamente, un valor inferior o bien igual o superior a la media. En otras palabras, la matriz contabiliza la probabilidad estadística de que después de un día, por ejemplo, más frío que la temperatura media mensual se dé otro día más frío ó alternativamente un día más cálido.

Además de la serie de 50 años de datos diarios generada por este procedimiento se ha generado una segunda serie, también de 50 años, con igual criterio que para la anterior pero imponiendo un incremento progresivo del 1% anual de la concentración de CO₂ atmosférico. Este incremento origina un aumento de temperatura de 3° C y una disminución del 10% de la precipitación durante los próximos 50 años, que equivale a un escenario de tipo medio de entre los previstos por el IPCC (Carter *et al.*, 2000; Watson, 2001). Combinando las tres fuentes de información (clima, propiedades hidráulicas del suelo y estructura del bosque), se ha simulado el crecimiento de las diferentes especies en las 147 parcelas tanto en las condiciones actuales como en el escenario de cambio climático que acabamos de describir.

Tabla 1. Matriz markoviana utilizada en el generador de clima del modelo GOTILWA+.

	$X_d < m$	$X_d \geq m$
$X_{d+1} < m$	p_1	p_2
$X_{d+1} \geq m$	p_3	p_4

Las simulaciones se han llevado a cabo utilizando el modelo GOTILWA+ (Gracia *et al.*, 1999; Kramer *et al.*, 2002). GOTILWA+ simula el crecimiento del bosque reproduciendo hora a hora los diferentes procesos ecofisiológicos que tienen lugar, entre otros la fotosíntesis y conductancia estomática, intercambio de gases en la hoja, asignación del carbono fijado a los diferentes órganos de la planta, respiración de mantenimiento, crecimiento de las diferentes partes del árbol y el incremento o consumo de los carbohidratos de reserva en los momentos favorables o desfavorables, respectivamente. Los resultados horarios se integran para producir un único valor diario de cada variable. La [Tabla 2](#) recoge las variables que utiliza el modelo para simular los procesos de fotosíntesis y conductancia estomática, así como los valores de cada variables en las ocho especies cuyo crecimiento se ha analizado. Otros procesos como los relacionados con la conductividad hidráulica, la respiración del suelo y la descripción de la estructura de los árboles, lejos de ser constantes varían en cada parcela. La [Tabla 3](#) incluye las variables que intervienen en la descripción de la estructura de los árboles así como en la conductividad hidráulica y la descomposición de la materia orgánica del suelo con los valores de una parcela de *Pinus halepensis* y otra de *Quercus ilex*.

Utilizando el sistema de información geográfica MiraMón (Pons, 2001), se han interpolado los resultados para obtener la representación cartográfica de las **figuras 3, 4, 5 y 6**. En dichas figuras se representa el contenido de agua en los suelos forestales, la vida media de las hojas de las especies perennifolias (todas las analizadas menos el haya), la producción de hojarasca, la respiración total que resulta de sumar la respiración autotrófica de los árboles (mantenimiento y formación de nuevos tejidos) y la respiración heterotrófica debida a la actividad de los microorganismos descomponedores del suelo. Durante los 40 años de crecimiento simulado, el bosque se desarrolla en un escenario de cambio progresivo del clima con un aumento del 1% anual de CO₂ atmosférico, tal y como se ha descrito anteriormente. La representación cartográfica final se ha obtenido a partir de la simulación diaria durante los 40 años de los 147 bosques seleccionados. Los resultados finales de los 147 puntos se han interpolado en el año 2000 y en el 2040 para obtener la representación cartográfica de las figuras. La interpolación se ha hecho tomando en consideración el mapa de cubiertas del suelo de Cataluña desarrollado en el CREAM. A cada punto del mapa se le ha asignado un valor solo si en dicho punto hay bosque (las zonas blancas del mapa corresponden por tanto a zonas no boscosas) y teniendo en cuenta además la especie presente en dicho punto para ser interpolada entre puntos de la misma especie. La interpolación entre puntos se realiza asignando pesos a los valores de los puntos muestreados inversamente proporcionales a la distancia euclidiana que separa el punto interpolado de los puntos muestreados.

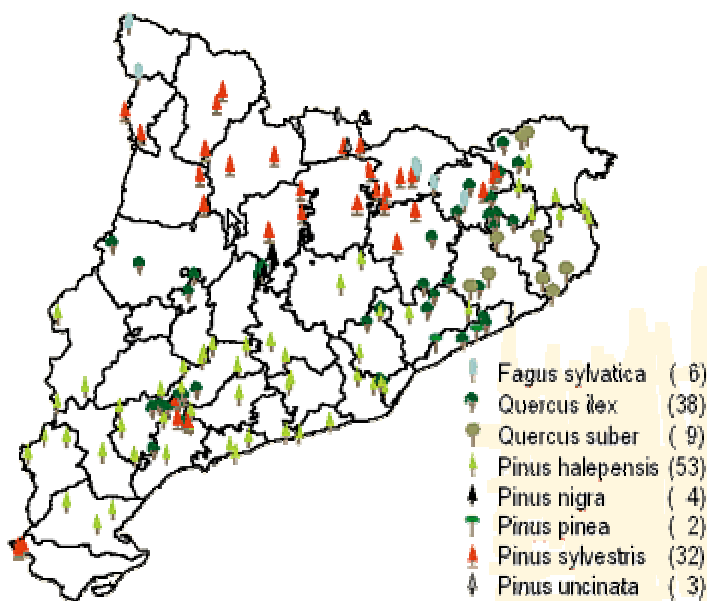


Figura 2. Distribución de las 147 parcelas utilizadas en las simulaciones según la especie principal. El valor que acompaña a cada especie representa el número de parcelas en las que está presente. La selección se ha llevado a cabo de tal modo que la densidad de árboles y el área basal de la especie en las parcelas se aproximan al valor medio de la especie en la comarca. Además se ha garantizado la selección de parcelas orientadas en todas las direcciones y en todas las altitudes propias de cada especie.

La [Tabla 3](#) incluye las variables que intervienen en la descripción de la estructura de los árboles así como en la conductividad hidráulica y la descomposición de la materia orgánica del suelo con los valores de una parcela de *Pinus halepensis* y otra de *Quercus ilex*.

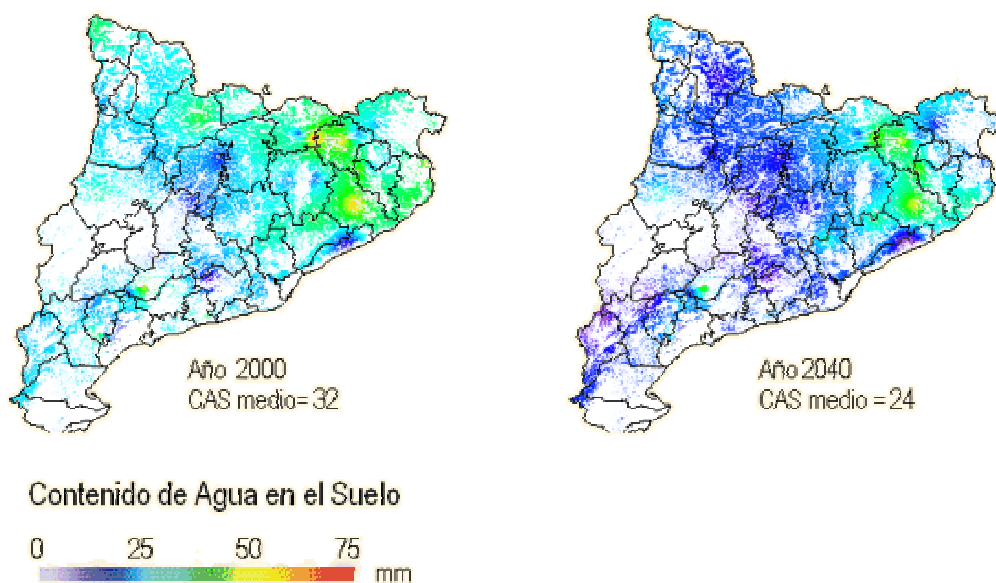


Figura 3.- Contenido de agua en el suelo en los bosques de Cataluña en la actualidad (año 2000) y el estimado para el año 2040 en el escenario de cambio climático descrito en el texto. Aunque en muchos casos la reserva hídrica del suelo se agota en los meses de verano, el promedio anual en Cataluña es, en la actualidad de 32 mm y, según los resultados de la simulación, esta reserva disminuirá a un valor medio de 24 mm, lo que representa una disminución del agua disponible en el suelo del 25%.

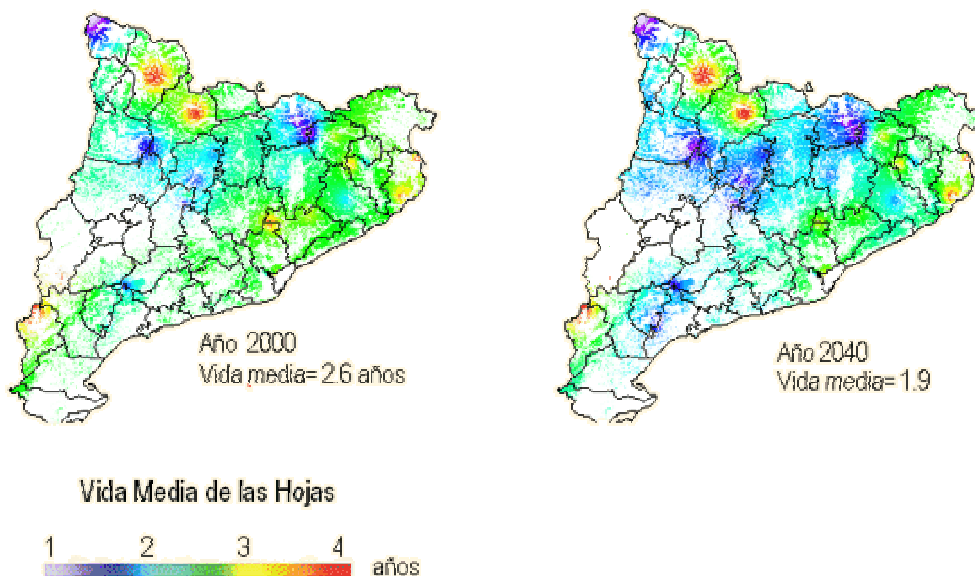


Figura 4.- Vida media de las hojas en las especies perennifolias de los bosques de Cataluña en la actualidad (año 2000) y estimada para el año 2040 en el escenario de cambio climático descrito en el texto. En el cálculo se han excluido las parcelas de *Fagus sylvatica*. Los valores medios resultantes se han calculado como la media ponderada por el número de parcelas en las que está presente cada especie. El modelo predice una reducción de la vida media de las hojas de un 27% lo que, sin duda, puede suponer importantes repercusiones sobre el balance de carbono de la planta.

Para facilitar la interpretación de los resultados se ha calculado el valor medio ponderado de la variable correspondiente. En el caso de la producción de hojarasca y la respiración total se representa el valor

anual de las variables. La variable vida media de las hojas corresponde a la duración media de las hojas de cada especie ponderada por la extensión ocupada por la especie. Un poco más complejo resulta el caso del contenido de agua en el suelo. Dado que la reserva hídrica del suelo varía continuamente, desde los valores máximos de otoño o invierno hasta los mínimos de verano en que suele agotarse, se ha optado por calcular, para cada punto, el valor medio anual de la variable que se ha obtenido como promedio de los 365 valores diarios de cada bosque particular. Otras variables relacionadas como la duración del periodo estival seco (número de días en que la reserva del suelo se sitúa por debajo de cierto límite) resultan igualmente ilustrativos pero no se discuten en este trabajo.

Resultados

La **Figura 2** resume la información de campo utilizada en las simulaciones. Tras aplicar los criterios de selección a las 10.644 parcelas del Inventario Ecológico y Forestal de Cataluña se han seleccionado las ocho especies de distribución más amplia, representadas en 147 parcelas distribuidas del siguiente modo: *Pinus halepensis* (53 parcelas), *Quercus ilex* (38), *Pinus sylvestris* (32), *Quercus suber* (9), *Fagus sylvatica* (6), *Pinus nigra* (4), *Pinus uncinata* (3) y *Pinus pinea* (2). El 70% de las parcelas se localizan a altitudes inferiores a los 800 m y un 10% a altitudes superiores a los 1.200 m. Se han seleccionado parcelas orientadas en todas las direcciones, aunque dominan las orientadas al norte o al sur como corresponde a la estructura orográfica dominante de Cataluña. Las parcelas seleccionadas se localizan distribuidas sobre todos los bioclimas presentes en Cataluña.

El contenido de agua en un suelo forestal varía ampliamente desde valores muy próximos a cero durante la sequía estival hasta valores máximos durante periodos de pluviosidad más o menos abundante y continua. El promedio anual de la reserva hídrica del suelo en los bosques de Cataluña resultó ser de 32 mm. El incremento de temperatura y la mayor demanda evaporativa de la atmósfera hacia el año 2040 reducen este valor promedio anual de la reserva a 24 mm, lo que representa una disminución del 25% del contenido actual de agua en los suelos forestales.

La vida media de las hojas es una variable que resulta muy sensible a los efectos del cambio climático. En otros trabajos (Gracia *et al.*, 2001; Sabaté *et al.*, en prensa) se ha comprobado experimentalmente la sensibilidad de esta variable a los cambios de la temperatura anual analizando un gradiente de norte a sur de la Península Ibérica para el caso de *Quercus ilex*. En la **Figura 4** se representa la distribución de la vida media de las hojas de las especies perennifolias. El valor medio de la variable para las 147 parcelas analizadas resulta ser de 2,6 años, con la mayor parte de los valores comprendidos entre 2 y 3 años y sólo en algunos enclaves en zonas de montaña se dan valores superiores a los tres años. En el año 2040 la distribución prevista en los resultados de las simulaciones cambia notablemente, con un valor medio resultante de 1,9 años que representa un acortamiento del 27% de la vida media de las hojas. Esta reducción de la vida de las hojas se traduce en un aumento de la producción de hojarasca que pasa de los 205 g de C m⁻²·año⁻¹ actuales a valores de 377 g de C m⁻²·año⁻¹ en el año 2040. Este aumento de casi el 80% de la materia orgánica que llega al suelo tiene su repercusión en las tasas de respiración. La **Figura 6** representa la distribución de la respiración total del bosque, es decir, la suma de la respiración autotrófica de los árboles y la respiración heterotrófica. La cantidad de carbono devuelto anualmente a la atmósfera por los bosques de Cataluña es, en promedio de 1462 g de C m⁻²·año⁻¹. Este valor aumenta hasta 2307 g de C m⁻²·año⁻¹ en el año 2040, lo que supone un aumento del 70% respecto a los valores actuales.

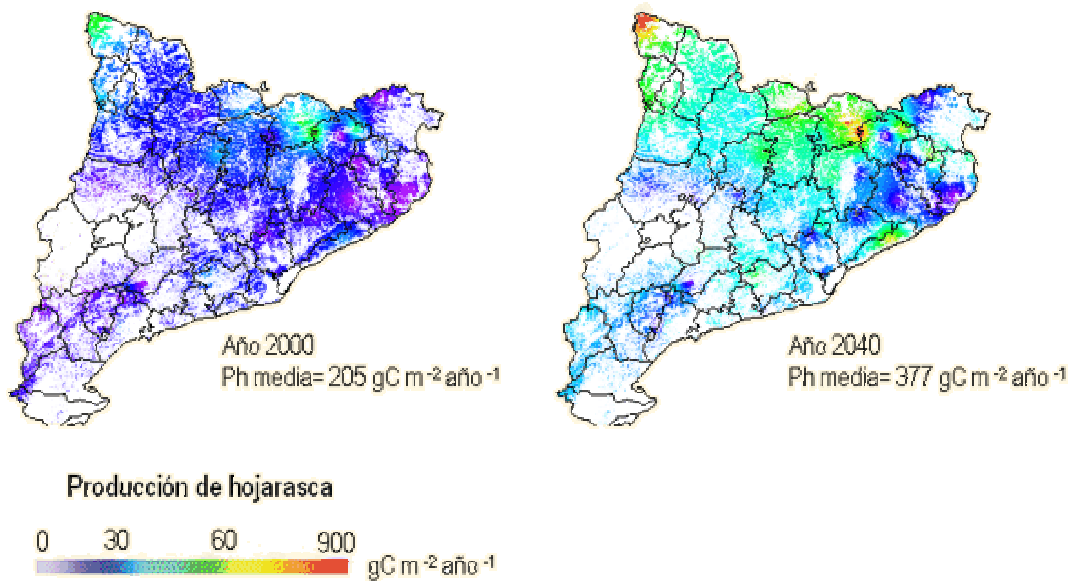


Figura 5.- Producción de hojarasca en los bosques de Cataluña en la actualidad (año 2000) y estimada para el año 2040 en el escenario de cambio climático descrito en el texto. Las previsiones indican un aumento de la producción de hojarasca cercano al 80%. La disminución de la vida media de las hojas y el consiguiente aumento de su tasa de renovación es, en buena medida, responsable de este incremento de producción de hojarasca.

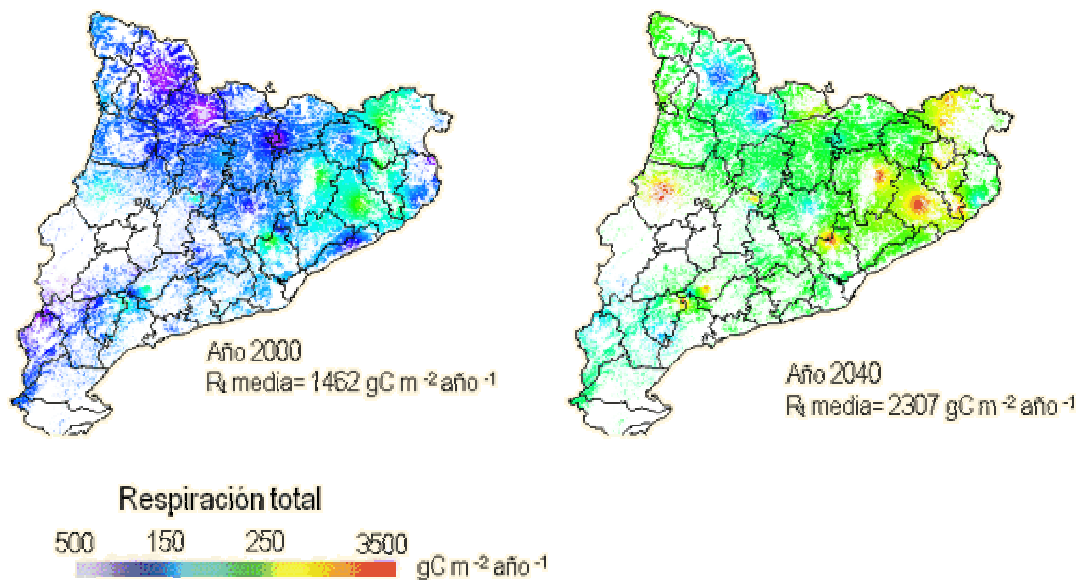


Figura 6.- Respiración total obtenida sumando la respiración autotrófica de los árboles (mantenimiento+crecimiento) y la respiración heterotrófica (debida a la actividad microbiana sobre la materia orgánica del suelo) en los bosques de Cataluña en la actualidad (año 2000) y estimada para el año 2040 en el escenario de cambio climático descrito en el texto. Las previsiones indican un aumento de la respiración de alrededor del 70% al que contribuyen notablemente la mayor tasa de renovación de las hojas, mayor tasa de respiración de mantenimiento derivada del aumento de temperatura y los mayores aportes de hojarasca derivados de la mayor tasa de renovación de las hojas.

Discusión

Los resultados obtenidos del análisis de 147 parcelas forestales deben considerarse un análisis exploratorio preliminar de los posibles efectos del cambio climático sobre los bosques mediterráneos. El contenido de agua en el suelo disminuye en un 25% durante los próximos 40 años. Carter *et al.* (2000), en sus análisis del IPCC, prevén una reducción de entre el 15 y el 25% de la precipitación en la Península Ibérica durante los próximos 50 años y un aumento de la variabilidad de las precipitaciones, aunque la incertidumbre sobre este punto aún es muy grande con los actuales GCMs. En este trabajo hemos adoptado un escenario algo más conservador con una reducción del 10% de las precipitaciones y manteniendo el patrón estadístico de la distribución temporal de las mismas.

Resulta interesante que una reducción del 10% de la precipitación se traduce en una reducción del 25% de la reserva hídrica del suelo como consecuencia del incremento de la tasa de transpiración de los árboles debido al aumento del periodo vegetativo y a la mayor demanda evaporativa de la atmósfera. El modelo predice que, en algunas áreas en las que el bosque crece hoy bajo severas restricciones hídricas, los árboles desaparecen bajo las nuevas condiciones climáticas. En qué medida esta sustitución de unas especies de árboles por otras menos exigentes o la sustitución de especies de árboles por arbustos capaces de resistir mejor la sequía estival puede comportar cambios importantes en el paisaje mediterráneo está siendo objeto de estudio en la actualidad. No obstante, estos resultados son indicadores del riesgo potencial de que esto ocurra sobre todo en las zonas más áridas. Fernández *et al.* (2001) analizaron la sequía edáfica en la cuenca del Duero y llegaron a conclusiones semejantes sobre el incremento del déficit hídrico y sus efectos sobre los ecosistemas y sobre el acuífero de Los Arenales.

La reducción de la vida media de las hojas en las especies perennifolias resulta a primera vista sorprendente aunque es un resultado que se repite en prácticamente todas las especies. Para eliminar el riesgo de que tales resultados sean debidos a un artefacto del modelo de simulación, se han realizado medidas empíricas a lo largo de un transecto NE-SW en la Península Ibérica (Gracia *et al.*, 2001) que confirman la validez de los resultados. Las consecuencias de esta reducción de la vida media de las hojas pueden resultar muy serias. Mantener la misma superficie foliar en la copa de los árboles –de la que depende la capacidad productiva de la planta– requiere una mayor inversión del carbono fijado por la planta en mantener las hojas. Esto va en detrimento de los restantes tejidos del árbol y supone un cambio en los patrones de asignación de carbono a los distintos órganos. Además, la menor vida media se traduce en mayores cantidades de hojarasca aportadas al suelo, que podrán incrementarse en cerca de un 80%. Este incremento de materia orgánica aportada al suelo tiende a descomponerse y contribuye a un aumento del 70% de la respiración del bosque.

En estas condiciones, resulta fácil comprender que el papel de muchos bosques como sumideros de carbono puede verse seriamente amenazado durante las próximas décadas. Ante la gravedad potencial de estas consecuencias sorprende la ligereza con la que el Plan Hidrológico Nacional, recientemente aprobado por el Parlamento Español, ha tratado el tema, obviando casi por completo el problema que puede suponer la reducción de las reservas hídricas en extensas zonas de nuestro país durante las próximas décadas.

Agradecimientos

Los autores agradecen el soporte económico que ha hecho posible el presente trabajo desarrollado parcialmente en el marco de los proyectos **LTEEF-II** (*Long Term Effects of Climate Change on European Forests: Impact Assessment and Consequences for Carbon Budgets*, ENV4-CT97-0577) EU project, Framework IV, **SilviStrat** (*Response strategies to climate change in management of European forests*, EVK2-2000-00723) y **ATEAM** (*Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling*, EVK2-2000-00739). EU Projects Framework V. Key action 2 Global Change, Climate and Biodiversity.

Bibliografía

- Carter, T.R., Hulme, M., Crossley, J.F., Malyshev, S., New, M.G., Schlesinger, M.E. y Tuomenvirta, H. 2000. *Climate Change in the 21st Century. Interim characterizations based on the new IPCC Emissions Scenarios*. Finnish Environment Institute. ISBN 952-11-0781-2.
- Fernández, J.M., Cevallos, A. y Luengo, M.A., 2001. La sequía edáfica en la Cuenca del Duero. *Ecosistemas* 2001/3 (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/013/investigacion3.htm>).
- Gracia, C., Tello, E., Sabaté, S. y Bellot, J. 1999. GOTILWA: An integrated model of water dynamics and forest growth. En: Rodà, F., Gracia, C.A., Retana, J. y Bellot, J. (eds.). *Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests*. Ecological Studies, 137, Pp. 163-180. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Gracia, C., Burriel, J.A, Mata, T. y Vayreda, J. 2000. Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. 9 volúmenes. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, Bellaterra (Barcelona).
- Gracia, C., Sabaté, S., López, B. y Sánchez, A. 2001. Presente y futuro del bosque mediterráneo: balance de carbono, gestión forestal y cambio global. En: Zamora, R y Pugnaire, F. (eds.). *Ecosistemas mediterráneos: Análisis funcional*, Pp. 351-372, CSIC y AEET, Madrid.
- Kramer, K., I Leinonen, Hh Bartelink, P Berbigier, M Borghetti, Ch Bernhofer, E Cienciala, Aj Dolman, O Froer, C Gracia, A Granier, T Grünwald, P Hari, W Jans, S Kellomäki, D Loustau, F Magnani, G Matteucci, Gmj Mohren, E Moors, A Nissinen, H Peltola, S Sabaté, A Sanchez, M. Sontag, R Valentini, T Vesala. 2002. Evaluation of 6 process-based forest growth models based on eddy-covariance measurements of CO₂ and H₂O fluxes at 6 forest sites in Europe. *Global Change Biology* 8:1-18.
- Montoya, R. y López Arias, M. 1997. *La Red Europea de Puntos de Seguimiento de daños en los bosques (Nivel I) en España*. Ministerio de Medio Ambiente. Publicaciones del O.A. Parques Nacionales, Madrid.

Pons, X. 2001 *Miramón: Geographic Information System and Remote Sensing Software*. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, CREAF. Bellaterra, Barcelona. ISBN 84-931323-5-7.

Sabaté, S., Gracia, C. y Sánchez, A. En prensa. Effects of Climate Change on growth of *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* and *Fagus sylvatica* forests in the Mediterranean Region. *Forest Ecology and Management*.

Watson, R. (ed.) 2001. *Climate Change 2001: Synthesis Report*. A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Ginebra.