



5º CONGRESO FORESTAL
ESPAÑOL

5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

REF.: 5CFE01-084

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009
ISBN: 978-84-936854-6-1
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Dinámica fitoclimática y su relación con la composición y estructura de formaciones arbóreas forestales

GARCÍA LÓPEZ, J.M.¹ y ALLUÉ CAMACHO, C.¹

¹ Área de Medio Natural. Servicio Territorial de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León. C/ Juan de Padilla s/n. 09006-Burgos. garlopjv@jcy.l.es, allicamca@jcy.l.es

Resumen

Se ensaya un método para evaluar los posibles efectos que una dinámica de cambio en las condiciones climáticas futuras pueda provocar sobre la composición y estructura de las cubiertas forestales. La variación temporal de los índices de idoneidad fitoclimática de las especies arbóreas principales de una formación forestal y sus valores relativos se utilizan como indicadores de la capacidad de competencia de estas especies y por tanto de la composición y estructura futura de la masa arbolada. La metodología se aplica a un caso concreto: La estación de Valladolid-Villanubla. Se estudia la dinámica de los índices de idoneidad fitoclimática se estudia para datos reales del periodo 1938-2006, en medias móviles de 30 años de amplitud. Los resultados indican que si bien *Quercus ilex ballota* presenta índices de idoneidad y por tanto capacidad de competencia estables a lo largo del periodo estudiado, *Quercus faginea* presenta por el contrario una disminución continua de este índice a partir de la media móvil 1961-1990. Este comportamiento diferencial de ambas especies motiva desde entonces una ruptura en la situación de equilibrio competencial en la formación forestal. La aplicación de los escenarios oficiales de cambio climático de la Agencia Estatal de Meteorología para esta estación (modelo Canadiense CGCM para un promedio de los escenarios de emisión A2 y B2) indican que esta tendencia se mantendría en el futuro, de forma que si se cumpliesen estas previsiones teóricas, a partir de la media 1996-2025 *Quercus faginea* dejaría de tener mayor capacidad de competencia frente a *Quercus ilex ballota*.

Palabras clave

Cambio climático, adaptación, competencia, encinar, quejigar

1. Introducción

La estimación de la biodiversidad ha tomado importancia en los últimos decenios como una herramienta clave en la gestión del medio natural. Aspectos tales como la valoración de un espacio a efectos de la toma de medidas legales y administrativas para su protección, evaluación de posibles impactos por planes, programas y proyectos, o la toma de decisiones frente a las incertidumbres futuras derivadas del cambio climático se asientan en gran parte sobre metodologías de estimación de la diversidad ecológica. De hecho, los efectos del cambio climático sobre la diversidad de cubiertas vegetales y sobre las relaciones internas de competencia entre las especies principales que las forman está llamada a ser en el futuro una de las líneas prioritarias de investigación (DAVIS *et al.*, 1998; PEARSON *et al.*, 2003; FERNÁNDEZ *et al.*, 2005).

Desde un punto de vista fitoclimático, la potencialidad de un territorio para albergar distintos tipos de cubiertas arbóreas forestales puede estudiarse de forma integrada mediante

la consideración de modelos matemáticos que permitan determinar qué especies principales de una formación forestal son compatibles con ese territorio y además el grado de adecuación de cada una de esas formaciones al ambiente fitoclimático de la estación.

Esta visión fitoclimática integrada no sólo permite conocer la riqueza potencial de un territorio en términos de formaciones forestales arbóreas, evaluada a través del número de especies principales compatibles, sino que el cálculo de indicadores numéricos de adecuación permite además evaluar la capacidad de acogida del medio para albergar a cada formación forestal y por ende, introducirnos en el complejo mundo de las relaciones de competencia entre especies y entre formaciones forestales, mediante la comparación de adecuaciones relativas entre ellas. La importancia del factor competencia en la distribución de las especies vegetales es de tal magnitud que según algunos autores (WALTER, 1977), los límites naturales de distribución de una especie se producirían donde unas condiciones ambientales variables disminuyesen hasta tal punto su capacidad de competencia que se viera desplazada por otras especies, teniendo en general los factores ecológicos sólo una capacidad determinante en los límites absolutos de distribución. Junto con el fitoclima, la competencia con otros taxones arbóreos forestales suele ser identificada como una causa importante que rige la distribución de las formaciones de *Quercus* en la Península Ibérica (SORIANO *et al.*, 2004).

2. Objetivos

En el presente trabajo se ensaya una metodología de evaluación de la influencia que la dinámica climática pueda tener sobre la composición y estructura de las cubiertas arbóreas en términos de riqueza de especies arbóreas principales y de las relaciones de competencia entre ellas.

A través del estudio de la variación de los índices de adecuación fitoclimática de formaciones forestales compatibles con una estación se intentará evaluar entre otras cuestiones cuales de estas formaciones verían aumentada su vulnerabilidad frente al cambio climático, en términos de disminución de su complejidad y estabilidad frente a otras formaciones más competitivas en las nuevas condiciones climáticas.

3. Metodología

El sistema fitoclimático utilizado es el basado en los modelos de ALLUÉ-ANDRADE (1990 y 1997) modificados por GARCÍA-LÓPEZ y ALLUÉ (2003). Este sistema fitoclimático fue el elegido para la realización del presente estudio por permitir no sólo la adscripción meramente cualitativa de una estación a una categoría fitoclimática previamente definida, sino además la cuantificación del nivel de adecuación de la estación a dicha categoría o tipo fitoclimático y a su vez también al resto de tipos del sistema, mediante la utilización de “*coordenadas de posición*” y de “*distancias fitoclimáticas*” relativas entre sí y referidas a ámbitos fitoclimáticos factoriales correspondientes a las principales estrategias de vida vegetal de las cubiertas forestales dominantes basadas en los tipos vitales de WALTER & LIETH (1960).

Con carácter adicional al sistema original basado en estrategias de vida (modelo “*subtipos*”) y a partir de la base de datos de parcelas de muestreo correspondientes al II Inventario Forestal Nacional, se seleccionaron para la España peninsular las parcelas con

presencia natural de *Quercus ilex* subsp. *ballota* y de *Quercus faginea* como especies principales de la formación forestal.

Se asignaron al encinar y al quejigar dos ámbitos factoriales de carácter autoecológico establecidos a partir de los puntos de muestreo correspondientes, mediante estimación previa factorial conforme a los modelos de SÁNCHEZ-PALOMARES *et al.* (1999) y con ayuda del programa informático FITOCLIMOAL (GARCÍA-LÓPEZ y ALLUÉ, 2000). La frontera de un ámbito puede ser definido de forma mucho más fiel circunscribiéndola a la nube de puntos del hiperespacio factorial de 12 dimensiones que el tradicional paralelepípedo mediante el cálculo de una envolvente convexa que lo convierte en un hiperpoliedro y que puede proyectarse en planos formados por parejas de factores para realizar los cálculos propios del modelo fitoclimático (GARCÍA-LÓPEZ y ALLUÉ CAMACHO, 2003). Se estableció así un sistema fitoclimático de carácter autoecológico para las 2 especies en estudio con ayuda de un módulo específico de FITOCLIMOAL (modelo “Especies”). Mediante la aplicación del modelo “Especies”, el escalar de adecuación de una estación al ámbito factorial definido funciona como índice de idoneidad, entendiendo por tal el grado de adecuación de un lugar para acoger a determinados taxones o sintaxones (en este caso encinar o quejigar), todo ello desde el punto de vista mixto de su perdurabilidad (capacidad de autoregeneración) y de su competitividad con otras especies (ALLUÉ CAMACHO, 1996).

Los modelos “Subtipos” y “Especies” se aplicaron a la diagnosis fitoclimática de la estación meteorológica termopluviométrica de Valladolid-Villanubla (nº 2539) para 2 colecciones de datos. La primera colección de datos abarca el periodo 1938-2006 y se corresponde con observaciones reales suministradas por la Agencia Estatal de Meteorología. La segunda colección de datos abarca el periodo 2007-2050 y procede de la generación de escenarios regionalizados realizada por la Fundación para la Investigación del Clima para dicha estación a través del modelo CGCM2 del Canadian Center for Climate Modelling and Analysis considerando el promedio de los escenarios de emisiones conocidos como A2 y B2.

Con objeto de evaluar la dinámica fitoclimática se han elaborado medias móviles de 30 años de amplitud conforme a las recomendaciones de BRUNET *et al.* (2008) para filtrar la variabilidad natural del clima.

4. Resultados

En la figura 1 se puede observar la matriz de diagnosis fitoclimática reducida (sólo se han considerado en ella los subtipos IV₁, IV₂, IV₄, IV(VI)₁, IV(VI)₂, VI(IV)₁ y VI(IV)₂) correspondiente a la aplicación del modelo “Subtipos” a la estación de Valladolid-Villanubla. En esta matriz se han indicado en rojo y con una letra “G” las situaciones Genuinas, en naranja y con una letra “A” las situaciones Análogas y en blanco y con una letra “D” las situaciones Dispersas, conforme a la metodología de Allué-Andrade.

Como puede observarse en esta figura, la estación estudiada se encuadra en el subtipo nemoromediterráneo VI(IV)₁ propio de formaciones forestales marcescentes entre las medias 1938-1967 y 1959-1988. A partir de la media 1960-1989 y hasta la media 2019-2048 la estación se encuadra en el subtipo IV(VI)₁ propio de formaciones mixtas de transición marcescente-esclerófilas. Las 2 últimas medias móviles estudiadas, 2020-2049 y 2021-2050 se corresponden ya con el subtipo claramente esclerófilo IV₃.

Periodo	MEDITERRANEOS GENUINOS			TRANSICIONALES		NEMOROMEDITERRÁNEOS	
	IV1	IV3	IV4	IV(VI)1	IV(VI)2	VI(IV)1	VI(IV)2
1938 - 1967	-15,24D	-0,87D	-1,32D	0,58D	****D	0,75G	0,49D
1939 - 1968	-12,37D	-0,74D	-1,12D	0,60D	****D	0,75G	0,49D
1940 - 1969	-15,24D	-0,90D	-1,34D	0,61D	****D	0,75G	0,49D
1941 - 1970	-18,57D	-0,99D	-1,47D	0,59D	****D	0,75G	0,54D
1942 - 1971	-18,56D	-0,99D	-1,46D	0,60D	****D	0,75G	0,52D
1943 - 1972	-15,24D	-0,87D	-1,29D	0,60D	****D	0,75G	0,54D
1944 - 1973	-18,59D	-1,14D	-1,63D	0,62D	****D	0,74G	0,51D
1945 - 1974	-15,26D	-0,90D	-1,30D	0,59D	****D	0,75G	0,53D
1946 - 1975	-15,25D	-0,83D	-1,21D	0,57D	****D	0,74G	0,55D
1947 - 1976	-15,27D	-0,89D	-1,29D	0,49D	****D	0,74G	0,58D
1948 - 1977	-12,42D	-0,79D	-1,11D	0,49D	****D	0,74G	0,57D
1949 - 1978	-12,43D	-0,84D	-1,18D	0,48D	****D	0,74G	0,57D
1950 - 1979	-12,45D	-0,86D	-1,12D	0,48D	****D	0,73G	0,59D
1951 - 1980	-12,44D	-0,78D	-1,00D	0,51D	****D	0,73G	0,59D
1952 - 1981	-12,43D	-0,80D	-1,07D	0,52D	****D	0,74G	0,59D
1953 - 1982	-9,96D	-0,59D	-0,79D	0,53D	****D	0,73G	0,57D
1954 - 1983	-9,96D	-0,58D	-0,78D	0,55D	****D	0,73G	0,59D
1955 - 1984	-7,88D	-0,45D	-0,57D	0,55D	****D	0,74G	0,60D
1956 - 1985	-9,96D	-0,63D	-0,82D	0,58D	****D	0,74G	0,58D
1957 - 1986	-7,89D	-0,58D	-0,79D	0,54D	****D	0,74G	0,58D
1958 - 1987	-7,89D	-0,57D	-0,76D	0,56D	****D	0,74G	0,58D
1959 - 1988	-7,89D	-0,52D	-0,70D	0,55D	****D	0,74G	0,59D
1960 - 1989	-7,88D	-0,54D	-0,72D	0,60D	****D	0,73G	0,56D
1961 - 1990	-6,12D	-0,44D	-0,64D	0,63A	****D	0,73G	0,51D
1962 - 1991	-7,84D	-0,48D	-0,70D	0,68A	****D	0,69G	0,38D
1963 - 1992	-7,84D	-0,53D	-0,79D	0,71A	****D	0,70G	0,35D
1964 - 1993	-6,10D	-0,49D	-0,74D	0,72G	****D	0,67A	0,23D
1965 - 1994	-6,09D	-0,42D	-0,69D	0,73G	****D	0,68A	0,19D
1966 - 1995	-4,64D	-0,27D	-0,49D	0,74G	****D	0,64A	0,11D
1967 - 1996	-4,63D	-0,28D	-0,48D	0,73G	****D	0,62A	0,10D
1968 - 1997	-4,64D	-0,25D	-0,43D	0,72G	****D	0,65A	0,31D
1969 - 1998	-3,45D	-0,13D	-0,29D	0,71G	****D	0,66A	0,35D
1970 - 1999	-3,47D	-0,19D	-0,38D	0,70G	****D	0,67A	0,37D
1971 - 2000	-2,15D	-0,26D	-0,44D	0,70G	****D	0,63A	0,30D
1972 - 2001	-2,14D	-0,18D	-0,34D	0,71G	****D	0,60A	0,25D
1973 - 2002	-0,82D	0,02D	-0,10D	0,72G	****D	0,55D	0,18D
1974 - 2003	-0,48D	0,03D	-0,07D	0,70G	****D	0,56D	0,28D
1975 - 2004	-0,47D	0,05D	-0,07D	0,72G	****D	0,54D	0,18D
1976 - 2005	-0,47D	0,01D	-0,14D	0,74G	****D	0,41D	-0,12D
1977 - 2006	-0,79D	0,05D	-0,11D	0,74G	****D	0,35D	-0,30D
1978 - 2007	-0,78D	0,06D	-0,11D	0,75G	****D	0,34D	-0,47D
1979 - 2008	-1,22D	0,05D	-0,14D	0,75G	****D	0,32D	-0,61D
1980 - 2009	-1,22D	0,00D	-0,19D	0,74G	****D	0,34D	-0,83D
1981 - 2010	-2,08D	-0,05D	-0,26D	0,74G	****D	0,39D	-0,53D
1982 - 2011	-1,23D	0,03D	-0,18D	0,74G	****D	0,34D	-0,63D
1983 - 2012	-1,24D	0,03D	-0,17D	0,74G	****D	0,34D	-0,47D
1984 - 2013	-1,23D	0,04D	-0,16D	0,75G	****D	0,35D	-0,76D
1985 - 2014	-1,21D	0,12D	-0,09D	0,74G	****D	0,23D	-0,90D
1986 - 2015	-1,21D	0,14D	-0,06D	0,73G	****D	0,31D	-0,72D
1987 - 2016	-0,43D	0,23D	0,07D	0,73G	****D	0,30D	-0,54D
1988 - 2017	-0,42D	0,24D	0,08D	0,74G	****D	0,25D	-0,76D
1989 - 2018	-0,76D	0,16D	-0,03D	0,72G	****D	-0,08D	-1,44D
1990 - 2019	-0,42D	0,25D	0,06D	0,78G	****D	-0,05D	-1,34D
1991 - 2020	-0,42D	0,24D	0,09D	0,76G	****D	-0,09D	-1,09D
1992 - 2021	-0,43D	0,25D	0,13D	0,74G	****D	0,16D	-0,56D
1993 - 2022	-0,18D	0,30A	0,19D	0,75G	****D	-0,05D	-0,76D
1994 - 2023	0,22A	0,33A	0,24D	0,70G	****D	-0,19D	-0,94D
1995 - 2024	0,21A	0,33A	0,24D	0,70G	****D	-0,23D	-0,89D
1996 - 2025	0,01D	0,32A	0,22D	0,71G	****D	-0,19D	-0,81D
1997 - 2026	-0,18D	0,28D	0,13D	0,74G	****D	-0,35D	-1,05D
1998 - 2027	0,04D	0,31D	0,16D	0,73G	****D	-0,71D	-2,09D
1999 - 2028	-0,40D	0,28D	0,10D	0,75G	****D	-0,90D	-2,25D
2000 - 2029	0,05D	0,35A	0,22D	0,73G	****D	-0,91D	-2,50D
2001 - 2030	0,04D	0,33D	0,18D	0,73G	****D	-0,81D	-2,69D
2002 - 2031	0,17A	0,33D	0,19D	0,73G	****D	-0,81D	-2,88D
2003 - 2032	-0,38D	0,31D	0,15D	0,74G	****D	-0,70D	-2,76D
2004 - 2033	-0,13D	0,32D	0,18D	0,74G	****D	-0,70D	-2,89D
2005 - 2034	-0,14D	0,31D	0,18D	0,73G	****D	-0,88D	-2,70D
2006 - 2035	0,26A	0,40A	0,30A	0,71G	****D	-0,89D	-2,41D
2007 - 2036	0,26A	0,43A	0,33A	0,70G	****D	-1,15D	-2,93D
2008 - 2037	0,34A	0,47A	0,39A	0,65G	****D	-0,96D	-2,54D
2009 - 2038	0,34A	0,43A	0,36A	0,67G	****D	-1,10D	-2,68D
2010 - 2039	0,33A	0,43A	0,35A	0,66G	****D	-1,47D	-3,12D
2011 - 2040	0,33A	0,40A	0,32A	0,67G	****D	-1,26D	-2,75D
2012 - 2041	0,36A	0,46A	0,38A	0,62G	****D	-3,21D	-4,83D
2013 - 2042	0,37A	0,46A	0,38A	0,61G	****D	-2,76D	-4,79D
2014 - 2043	0,37A	0,48A	0,39A	0,63G	****D	-2,23D	-4,27D
2015 - 2044	0,36A	0,48A	0,39A	0,63G	****D	-1,12D	-3,28D
2016 - 2045	0,34A	0,44A	0,35A	0,59G	-105,73D	-1,43D	-3,88D
2017 - 2046	0,34A	0,48A	0,38A	0,59G	-78,45D	-1,69D	-4,18D
2018 - 2047	0,34A	0,48A	0,39A	0,60G	-78,03D	-1,29D	-3,37D
2019 - 2048	0,34A	0,49A	0,41A	0,58G	-78,04D	-1,46D	-3,54D
2020 - 2049	0,35A	0,52G	0,43A	0,56A	-78,52D	-1,99D	-4,31D
2021 - 2050	0,36A	0,53G	0,43A	0,56A	-83,56D	-2,04D	-4,45D

Figura 1. Matriz de diagnosis se subtipos fitoclimaticos de la estación de Valladolid-Villanubla en medias móviles de 30 años de amplitud. Los datos correspondientes al periodo 1938-2006 son los reales suministrados por la AEMET y los datos del periodo 2007-2050 proceden del escenario generado a partir del modelo CGCM2 para un promedio de escenarios de emisión A2 y B2. Obsérvese la progresiva mediterraneización hacia la izquierda del cuadro.

Paralelamente a este encuadramiento concreto en el subtipo mediterráneo ilicino IV₃, se produce un acercamiento general de la estación a estrategias ilicinas mediante la aparición de situaciones “Análogas” en otros subtipos mediterráneos como el IV₁ y el IV₄ a partir de la media 2006-2035 y un paulatino y continuo alejamiento de situaciones nemoromediterráneas, como queda patente en la disminución del valor de los escalares de adecuación al subtipo VI(IV)₁.

Aplicado el modelo “Especies” a la misma estación, se generaron los escalares de adecuación de cada media móvil a cada uno de los 2 ámbitos factoriales correspondientes al encinar y al quejigar. El resultado es la gráfica de la figura 2, en la que la línea rosa indica la adecuación de la estación al quejigar y la línea amarilla al encinar.

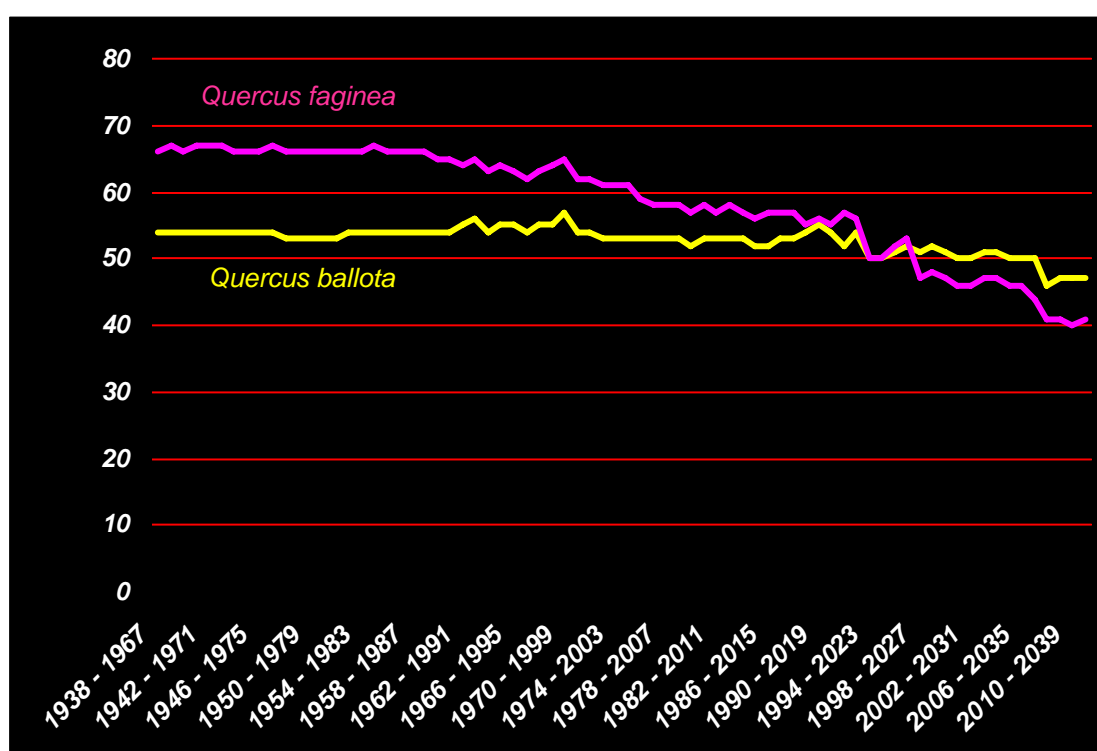


Figura 2. Evolución de los escalares de adecuación de la estación de Valladolid-Villanubla a las formaciones dominadas por *Quercus faginea* (línea rosa) y a las formaciones dominadas por *Quercus ilex ballota* (línea amarilla).

5. Discusión y conclusiones

Los resultados obtenidos de la aplicación del modelo “Subtipos” indican que desde 1938 y hasta que tenemos datos de observaciones reales, se ha producido un paulatino proceso de mediterraneización de la estación de Valladolid-Villanubla. Conforme a los datos del modelo CGCM2 esta tendencia continuará en el futuro, de forma que se terminará pasando de situaciones fitoclimáticas propias de estrategias marcescentes a otras de carácter ilicino.

La aplicación del modelo “Especies” corrobora los resultados anteriores. La situación de aparente equilibrio entre las 2 especies integrantes de la formación forestal parece perturbarse a partir de la media 1961-1990, produciéndose una paulatina pérdida de capacidad de competencia del quejigo frente a la encina, todo ello en base a observaciones reales. La aplicación del escenario generado a partir del modelo CGCM2 indica que esta tendencia se mantendrá en el futuro, de forma que a partir de la media 1996-2025 el encinar comenzaría a ser más competitivo que el quejigar.

La aplicación conjunta de los modelos “subtipos” y “especies” arroja resultados complementarios y sobretodo coherentes entre sí, corroborando tanto en base a datos reales como de escenarios de estimación una tendencia a la mediterraneización de la estación de Valladolid-Villanubla que pasaría en el futuro de albergar quejigares con encina a encinares con quejigo. Algún reciente estudio de la influencia del cambio climático para Castilla y León (DEL RÍO, 2005) predice no obstante para el conjunto de la Comunidad disminuciones en los dominios de *Quercus ilex* subsp. *ballota* y de *Quercus faginea* al considerar en tres hipótesis de cambio referidas a los años 2025, 2050 y 2075 que disminuirán las áreas de carácter mediterráneo y se asistirá a una tendencia hacia la oceanización del clima castellano y leonés.

Pero más allá de los resultados concretos obtenidos para la estación estudiada, el presente trabajo abre nuevos horizontes metodológicos para el estudio de los efectos del cambio climático sobre la composición y adaptación de los ecosistemas forestales al cambio climático, que deberá acompañarse de las necesarias tareas de mejora en las técnicas de generación de escenarios climáticos regionalizados. Estimaciones de cambios futuros en temperaturas y precipitaciones podrán, mediante esta metodología interpretarse de forma más eficiente y traducirse al lenguaje vegetal, en forma de cuantificaciones sobre las capacidades de acogida del medio y las relaciones de competencia entre las especies principales de la formación. Todo ello permitirá perfeccionar los mecanismos de evaluación y toma de decisiones preventivas y adaptativas en escenarios futuros de incertidumbre fitoclimática y avanzar por tanto en alguna de las líneas prioritarias de investigación en esta materia (GRACIA *et al.*, 2005).

Son de resaltar, no obstante, algunas cuestiones de importancia a la hora de interpretar los resultados y las previsiones futuras. Es el caso de las distintas capacidades de adaptación que puedan tener la encina y el quejigo a las nuevas condiciones climáticas y el posible cambio en sus pautas de competencia. El estudio de esta capacidad de adaptación y de su influencia en los patrones de competencia y tolerancia es considerada por algunos autores (WOODWARD, 1990; THOMAS *et al.*, 2001) como una línea de investigación futura imprescindible.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación para la Investigación del Clima el suministro de los datos correspondientes al escenario 2007-2050 generados a partir del modelo CGCM2 para los supuestos de emisión A2 y B2.

7. Bibliografía

ALLUÉ-ANDRADE, J.L.; 1990. Atlas fitoclimático de España. Taxonomías. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid. 221 pp.

ALLUÉ-ANDRADE, J.L.; 1997. Tres nuevos modelos para la fitoclimatología forestal: Diagnóstico, Idoneidad y Dinámica de fitoclimas. En: PUERTAS, F. y RIVAS, M. (Eds) Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI'97, 1:31-40. Graficas Pamplona. Pamplona.

ALLUÉ CAMACHO, C.; 1996. Un modelo para la caracterización fitoclimática de individuos, comunidades y fitologías. El modelo idoneidad y su aplicación a las comunidades pascícolas. *Ecología* 10: 209-230. Madrid.

BRUNET, M.; CASADO, M.J.; DE CASTRO, M.; GALÁN, P.; LÓPEZ, J.A.; MARTÍN, J.M.; PASTOR, A.; PETISCO, E.; RAMOS, P.; RIBALAYGUA, J.; RODRÍGUEZ, E.; SANZ, I. y TORRES, L.; 2008. Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España. Agencia Estatal de Meteorología. 157 pp. Madrid.

DAVIS, A.J.; JENKINSON, L.S.; LAWTON, J.L.; SHORROCKS, B. & WOOD, S.; 1998. Making mistakes when predicting shifts in species range in response to global warming. *Nature*, 391: 783-786.

DEL RÍO GONZÁLEZ, S.; 2005. El cambio climático y su influencia en la vegetación de Castilla y León (España). *Itinera Geobotanica* 16: 5-534.

FERNÁNDEZ, F., LOIDI, J. & MORENO, J.C.; 2005. Impactos sobre la biodiversidad vegetal. En: MORENO, J.M. (Coord). Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. 183-247. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

GARCÍA-LÓPEZ, J.M. y ALLUE CAMACHO, C.; 2000. FITOCLIMOAL'2000, un programa para la diagnosis, homologación y estudio de dinámicas e idoneidades fitoclimáticas. *Montes* 67: 9-18.

GARCÍA-LÓPEZ, J.M. y ALLUÉ CAMACHO, C.; 2003. Aplicación de la teoría de la envolvente convexa a la mejora del sistema fitoclimático Allué-Andrade. *Ecología* 17: 329-343.

GARCÍA-LÓPEZ, J.M. y ALLUÉ CAMACHO, C.; 2005. Ensayo de un sistema fitoclimático de carácter autoecológico para especies arbóreas forestales en la península ibérica y su aplicación en labores de repoblación forestal. Actas IV Congreso Forestal Español. Zaragoza.

GARCÍA-LÓPEZ, J.M. y ALLUÉ CAMACHO, C.; 2008a. Estimación de la diversidad fitoclimática potencial de cubiertas arbóreas en Castilla y León. *Montes* 94: 9-15.

GARCÍA-LÓPEZ, J.M. & ALLUÉ CAMACHO, C.; 2008b. Phytoclimatic versatility and potencial diversity of natural arboreal forest cover in peninsular Spain. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 17(3): 297-307.

GRACIA, C., GIL, L. y MONTERO, G.; 2005. Impactos sobre el sector forestal. En: MORENO, J.M. (Coord). Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. 399-435. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

PEARSON, R.G. & DAWSON, T.P.; 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: Are bioclimate envelope model useful? *Global Ecology and Biogeography*, 12: 361-371.

SÁNCHEZ PALOMARES, O., SÁNCHEZ SERRANO, F. & CARRETERO CARRERO, M.P.; 1999. Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termopluviométricas para la España peninsular. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid. 192 pp.

SORIANO, C., GASTÓN, A. & HERRERO, B.; 2004. Distribución de las especies españolas de *Quercus*. Notas sobre su ecofisiología. En: TUSET, J.J. & SANCHEZ, G. (Eds.). La seca: El decaimiento de encinas, alcornoques y otros *Quercus* en España. Dirección General para la Biodiversidad. Serie Técnica. Naturaleza y Parques Nacionales. 93-124. Madrid.

THOMAS, C.D.; BODSWORTH, E.J.; WILSON, R.J.; SIMMONS, A.D.; DAVIES, Z.G.; MUSCHE, M. & CONRADT, L.; 2001. Ecological and evolutionary processes at expanding range margins. *Nature*, 411: 577-581.

WALTER, H. & LIETH, H.; 1960. Klimadiagramm Welt atlas. Ed. Fisher. Viena.

WALTER, H.; 1977. Zonas de vegetación y clima. Ed. Omega. Barcelona. 245 pp.

WOODWARD, F.I.; 1990. The impact of low temperatures in controlling the geographical distribution of plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 326: 585-593.