

ECOLOGÍA FORESTAL Y CAMBIO CLIMÁTICO

J. M. García del Barrio¹, O. Sánchez-Palomares¹ & R. Alía²

¹.CIFOR-INIA. Departamento de Selvicultura.

².CIFOR-INIA. Departamento de Biotecnología y Mejora Genética.

Resumen

Se plantea la necesidad de introducir las previsiones de cambio climático como una variable más a la hora de planificar las medidas para la conservación de determinadas masas forestales españolas y el desarrollo de nuevas repoblaciones en tierras deforestadas. Se presentan algunas líneas de investigación del CIFOR-INIA que pueden aportar información no sólo sobre la incidencia actual del cambio climático sino también sobre las posibles repercusiones que puede tener a largo plazo sobre los bosques españoles.

Palabras clave

Cambio climático, Ecología Forestal, Ecología del Paisaje, Autoecología, Mejora Genética, Especies Forestales.

INTRODUCCIÓN

Durante la segunda mitad del siglo XX se han venido detectando importantes cambios en las condiciones del clima global. Dichos cambios no parecen atribuibles únicamente a la variabilidad climática hasta ahora conocida, ya que se relacionan con el aumento sostenido de los niveles de concentración de dióxido de carbono en la atmósfera deriva-

dos de la actividad humana durante los dos últimos siglos. Como consecuencia de ello se está produciendo un calentamiento global, en la última década la temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado 0,5 °C (HOUGHTON *et al*, 1996), y se estima que para la Península Ibérica hasta el 2050 la temperatura media se elevará 1,5 °C más (RIBALAYGUA *et al*, 1998). Esta circunstancia puede suponer un importante cambio en las condiciones ambientales bajo las que se desarrollan las principales masas forestales españolas, circunstancia que debe ser contemplada desde la investigación forestal en toda su complejidad.

ASPECTOS DINÁMICOS DE LA VEGETACIÓN

La cubierta vegetal de un territorio es el resultado de la interacción, en el espacio y en el tiempo, de un conjunto de factores físicos, biológicos y humanos. Aunque ninguno de estos factores es estático, en la investigación ecológica han resultado de gran utilidad las construcciones conceptuales de tipologías y clasificaciones en asociaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes, donde de algún modo se obviaba ese componente dinámico de la naturaleza. En algunos de los casos en que el dinamismo se ha tenido en cuenta, éste se ha circunscrito únicamente a alguno de los

elementos de la unidad de interacción. Así el concepto de sucesión vegetal que conduce al planteamiento clásico de la clímax por Clements (ver por ej. ALLRED Y CLEMENTS, 1949), establece que la evolución de la vegetación se da bajo unas condiciones ambientales determinadas y libre de las influencias de la acción humana. Bajo estas restricciones la cubierta vegetal alcanza una situación de equilibrio o clímax (generalmente un bosque) que no cambiará de manera apreciable mientras no se produzca una alteración brusca de origen climático o antrópico. Al tener en cuenta estas dos variables inicialmente relegadas (ambiente y hombre) resurge el concepto de perturbación (natural o artificial) como determinante en la evolución de la cubierta vegetal (ver por ej. ATTIWILL, 1994), quedando el concepto de clímax como una construcción teórica difícilmente observable en la realidad.

Contemplado desde esta perspectiva el cambio climático no supone ninguna alteración grave en nuestro esquema conceptual ya que en él se reconoce la naturaleza cambiante del ambiente. Sin embargo, no es menos cierto que muchos de los presupuestos en los que se basa la actual gestión de nuestras masas forestales (ya sea para su explotación, conservación o nueva implantación en territorios deforestados) se asientan en investigaciones y prácticas donde la posibilidad de cambios en las variables ambientales se ha considerado de modo secundario o simplemente no se ha contemplado. Si las actuales predicciones sobre cambio climático son correctas, la progresiva elevación de las temperaturas medias puede llevar a una alteración climática en línea con una mayor variabilidad, con la posible aparición de patrones estacionales de precipitación y temperatura menos predecibles que los que actualmente utilizamos como referencia. Consecuencia de ello es también la posibilidad de un cambio en los tipos e intensidad de las perturbaciones como fuegos, tormentas de viento, lluvias torrenciales, etc (CLARK, 1988), lo que conlleva un riesgo añadido para muchas repoblaciones y masa naturales que actualmente se encuentran alejadas de sus condiciones óptimas de crecimiento.

INFLUENCIA DEL AMBIENTE CAMBIANTE EN LA VIABILIDAD DE LAS ESPECIES ARBÓREAS Y LOS BOSQUES

El crecimiento y desarrollo de un árbol en un lugar determinado está condicionado por la información que alberga en su material hereditario y por las múltiples circunstancias externas que lo rodean y que en general reconocemos como su ambiente. Esta permanente interacción genotipo-ambiente genera un *continuum* de respuestas que se manifiestan en el fenotipo de cada individuo. La plasticidad fenotípica que caracteriza a muchas especies forestales tiene su base en la variabilidad genética y en las distintas condiciones ecológicas en las que dichas especies se desarrollan. Sin entrar de momento en los factores que condicionan la variabilidad genética, nos detendremos brevemente en el significado de esas condiciones ecológicas mencionadas. Tradicionalmente se distinguen los componentes físicos del ambiente (temperatura, precipitación y condiciones edáficas) y los componentes biológicos (predadores, competidores, organismos simbiotes, etc.). Todos ellos tienen su incidencia no sólo en el adecuado desarrollo de cada ejemplar, sino también en el éxito reproductivo y la propagación de la especie en un territorio. El bosque que nosotros observamos es pues el resultado de este complejo sistema de interacciones, interacciones que, en algunos casos, se extienden a otros elementos alejados en el espacio o en el tiempo de la propia estructura del bosque, como pueden ser otras formaciones vegetales, la historia de la gestión del territorio o la incidencia de un determinado régimen de perturbaciones.

Hasta aquí este breve repaso aporta poco con relación a la problemática del cambio climático. Sin embargo, sí puede proporcionar las pistas sobre hacia donde dirigir nuestros esfuerzos en la búsqueda de mecanismos que nos permitan gestionar nuestros bosques en un ambiente que cambia a mayor velocidad de lo que lo había hecho en los últimos tiempos.

Detengámonos en primer lugar en la estructura genética de las poblaciones.

Durante la última década se han establecido las Regiones de Procedencia para las principales especies forestales españolas (ver por ej. JIMÉNEZ *et al.*, 1998), y las Regiones de Identificación y Utilización de Material Forestal de Reproducción (RIUs) para el conjunto de las restantes especies no cartografiadas en Regiones de Procedencia, con el fin en ambos casos de facilitar la elección de materiales de reproducción lo más idóneos posible para las zonas que se pretenden repoblar. Muchos de los aspectos implicados en la delimitación de las Regiones de Procedencia tienen en cuenta el concepto de población en su aspecto de unidad de reproducción, lo que implica un pool genético característico y una posible variabilidad interpoblacional consecuencia del aislamiento reproductor y las adaptaciones a ambientes distintos. Esta circunstancia se puede observar de un modo más acusado en algunas poblaciones relicticas o marginales dentro del área de distribución de una especie. Es aquí donde los procesos de adaptación a condiciones extremas y la deriva genética que se produce en núcleos reproductores de pequeño tamaño puede haber propiciado la pervivencia de variantes genotípicas (aunque en algunos casos puede tratarse sólo de adaptaciones fenotípicas) que contribuyan de modo notable a la variabilidad general de la especie. Esta diversidad genética es pues en la actualidad uno de los principales patrimonios con que cuenta cada especie, un patrimonio que tienen que tener muy presente los gestores de cara a su conservación ya que algunas de las variantes existentes pueden responder en el futuro de un modo más favorable a las nuevas condiciones ambientales.

Otra herramienta que podemos utilizar de cara a la predicción del comportamiento de las masas sometidas a un cambio en los parámetros básicos que constituyen el clima, es la que se deriva del conocimiento de la autoecología de las poblaciones actuales (ver por ej. SÁNCHEZ-PALOMARES *et al.*, 1991). Las relaciones entre la especie y su medio físico (temperatura, humedad y suelo) pueden cuantificarse en función del conocimiento de los parámetros básicos que afectan a las distintas masas. Esto nos per-

mite establecer algoritmos que definen, en función de la variabilidad total, un gradiente ecológico donde la especie se desarrolla y que territorios dentro del área de distribución pueden considerarse óptimos o marginales en función de dichos parámetros. Alterando los datos de entrada en función de las predicciones de cambio que pueden afectar a dichos parámetros se obtiene un nuevo algoritmo que redistribuye las masas dentro de ese gradiente que va del óptimo ecológico a las condiciones de marginalidad o incluso de riesgo para la supervivencia de la especie. Esta simulación teórica puede suponer una importante herramienta de cara no solo a la planificación de los esfuerzos para el mantenimiento de las masas actuales, sino de las posibilidades de repoblación de nuevos territorios ya que cabe la posibilidad de que algunas zonas ecológicamente adecuadas para una determinada especie en la actualidad, ya no lo sean tanto dentro de un número determinado de años, con los riesgos de pérdida de la repoblación que ello conlleva.

Otro aspecto que no podemos olvidar es el de la ecología de los ecosistemas y las interrelaciones que se establecen entre los distintos elementos que lo constituyen. De cara a la conservación de masas sometidos a algún tipo de figura de protección conviene tener en cuenta no solo la posible evolución de la especie forestal aislada sino la del resto de las especies que constituyen el ecosistema. En algunos casos la supervivencia y reproducción de determinados árboles esta estrechamente ligada a otras especies vegetales o animales con las que conviven asociadas o en simbiosis. Un cambio gradual en las condiciones térmicas del suelo puede afectar al desarrollo de micorrizas u otros elementos de la flora y fauna edáfica que influyen en alguna fase del ciclo de vida del árbol. El aumento de la termicidad puede contribuir a la migración de determinadas especies animales hacia zonas más frescas o la llegada de nuevas especies con áreas de distribución más meridionales, que en los casos más desfavorables pueden convertirse en plagas. Un nuevo panorama de relaciones de competencia y la posible desaparición de algunas de las

especies que facilitan la reproducción o la propagación de las semillas de los árboles son elementos que pueden afectar a la posible evolución del sistema, poniendo en peligro la viabilidad del conjunto y la de las especies arbóreas dominantes.

Por encima del nivel ecosistémico, la ecología del paisaje nos aporta información sobre las posibles vías de evolución de las formaciones vegetales de un territorio dado. Trabajando con el soporte territorial de una clasificación biogeoclimática (ELENA ROSSELLÓ, 1997) se ha venido estudiando durante la última década la evolución acaecida en los paisajes forestales españoles en el periodo 1956-1984 (ver por ej. GARCÍA DEL BARRIO ET AL, 1999), lo que ha dado como resultado la base de datos EVOFOR. Utilizando una muestra de 52 parcelas elegidas al azar de dicha base de datos, se constata que si bien la superficie forestal total ha experimentado un apreciable aumento (propiciado en parte por el abandono de tierras agrarias pero sobre todo por el esfuerzo repoblador que se realizó durante ese periodo), el tamaño medio de las masas ha disminuido significativamente lo que implica una mayor fragmentación de las mismas y un considerable aumento de las líneas de contacto o fronteras entre bosques y formaciones no forestales (en torno a un 20 % en la muestra reseñada). Esta circunstancia tiene importantes consecuencias en la ecología de los bosques y en los efectos que el cambio climático puede producir sobre ellas. A continuación se enumeran algunas de estas posibles consecuencias:

- Un mayor número de unidades pero de menor tamaño supone un aumento de la longitud de fronteras entre dos formaciones. Estos ambientes presentan como característica la entrada de especies adaptadas a estas condiciones de borde, ya que utilizan recursos de los sistemas colindantes. Este posible incremento de la biodiversidad del conjunto puede suponer sin embargo una pérdida de la diversidad propia de la masa forestal, sobre todo cuando ésta ha quedado muy fragmentada y la zona de influencia de las fronteras se apro-

xima a la propia zona de influencia del bosque.

- En masas más pequeñas y con mayor superficie de contacto con el exterior las condiciones ambientales que constituyen el microclima característico del bosque se tienden a igualar con las del ambiente circundante, desapareciendo en parte el efecto tampón de la masa.

- La capacidad de hacer frente a las perturbaciones de todo tipo en masas de menor tamaño es mucho menor que cuando el bosque ocupa mayores extensiones con un continuo de condiciones microambientales en su interior. La acción perturbadora del fuego y el viento puede tener una mayor influencia y conducir a situaciones de difícil retorno debido a la menor resistencia al cambio de estas masas.

- La reducción del tamaño medio y el alejamiento de unas masas con respecto a otras supone una fragmentación de las poblaciones y una pérdida de variabilidad genética intrapoblacional, disminuyendo con ello las posibilidades de éxito reproductor en la colonización de los territorios circundantes (sobre todo en el caso de las especies de sombra).

- Todos estos aspectos se pueden resumir en un aumento de la fragilidad y una pérdida de la capacidad de respuesta ante las nuevas condiciones propiciadas por el cambio climático.

Una línea de trabajo que puede aportar también pistas de hacia donde se encamina la vegetación como respuesta al clima cambiante es el estudio de las comunidades que interactúan en los ecotonos. Los ecotonos son áreas de transición entre comunidades que se definen como zonas de tensión entre las asociaciones bióticas adyacentes, en las cuales las especies de cada comunidad compiten con las de la otra por los recursos y la ocupación del territorio (DELCOURT Y DELCOURT, 1992). Un ejemplo característico de los ecotonos se encuentra en las zonas de transición de la vegetación en gradientes altitudinales o en las zonas de contacto entre

dominios fitoclimáticos. Con respecto a este último punto SARDINERO *et al* (1999) localizan una incidencia importante de la seca de la encina en el ecotono entre el encinar termomediterráneo (*Quercus-Oleion sylvestris*) y la vegetación arbustiva siempreverde de carácter semiárido (*Pistacio-Rhamnetalia alaterni*). En estas circunstancias la hipótesis de un incremento en el stress hídrico estival supondría un cambio en las condiciones ambientales que favorecería la propagación de patógenos sobre los árboles debilitados, llevándolos en algunos casos a la muerte, con la posterior invasión de especies de la comunidad arbustiva colindante adaptada a unas condiciones más áridas, con el resultado de la reducción del ámbito de distribución del encinar termomediterráneo.

NUEVAS PERSPECTIVAS PARA LA CONSERVACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE ACCIONES DE FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN

Este conjunto de ideas apuntadas permiten establecer algunas pautas para el seguimiento y la monitorización de las masas ya establecidas y para la planificación y desarrollo de nuevas repoblaciones en zonas deforestadas. Ni que decir tiene que los distintos usos y estrategias de gestión forestal tendrán una importante incidencia en la viabilidad de dichas masas, aumentando o disminuyendo el riesgo de sufrir algunas de las consecuencias derivadas del cambio climático. Nos encontramos pues ante el reto de tener en cuenta un factor más en la planificación de estrategias de explotación, conservación y reforestación, un factor que en determinados casos puede condicionar el éxito o fracaso de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

ALLRED B. W. Y E. S. CLEMENTS (1949). *Dynamics of vegetation. Selections from the writings of Frederic E. Clements, Ph.D.* The H. W. Wilson Co. New York, 296 pp.

ATTIWILL, P.M. (1994). The disturbance of

forest ecosystems: the ecological basis for conservative management. *Forest Ecology and Management* Vol 63 pp 247-300.

CLARK, J.S. (1988). Effect of climate change on fire regimes in northwestern Minnesota. *Nature* 92, pp 235-242.

DELCOURT, P.A. Y DELCOURT, H.R. (1992). Ecotone dynamics in space and time. In Hansen, A.J. y Di Castri (eds). *Landscape boundaries. Consequences for biotic diversity and ecological flows*. Springer-Verlag. New York. pp 19-54.

ELENA ROSSELLÓ, R. (1997). *Clasificación Biogeoclimática Territorial de España Peninsular y Balear*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

GARCÍA DEL BARRIO, J.M.; BOLAÑOS, F. Y ELENA ROSSELLÓ, R. (1999). Análisis de la evolución de los paisajes y los cambios de usos del suelo, durante los últimos cuarenta años, en tres parcelas de las tierras altas galáico-cantábricas. Seminario de Historia Forestal. *Cuaderno de la SECF n° 8*. pp 85-92.

HOUGHTON, J.T.; MEIRA FILHO, L.G.; CALLANDER, B.A.; HARRIS, N.; KATTENBERG, A. & MASKELL, K. (eds.) (1996). *Climate Change 1995- The Science of Climate Change*, contributions of Working Group 1 to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. UK.

JIMÉNEZ, M.P.; DÍAZ-FERNÁNDEZ, P.M.; MARTÍN, S. Y GIL, L. (1998). *Regiones de procedencia Quercus pyrenaica Willd., Quercus faginea Lam., Quercus canariensis Willd.* Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de medio Ambiente. Madrid.

RIVALAYGUA, J.; BORÉN, R.; BENITO, L. & BALAIRÓN, L. (1998). An statistical downscaling method: description, validation and application to HADCM2SUL output. 7 pp. European Conference on Applied Climatology. 19-23 October. Vienna, Austria.

SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; ELENA ROSSELLÓ, R. Y CARRETERO CARRERO M.P.(1991). *Los pinares españoles de Pinus nigra Arn.:*

Síntesis ecológica. Monografía INIA nº 81. Madrid.

SARDINERO, S.; FERNÁNDEZ CANCIO, A.; PEREIRA, I. & MANRIQUE MENÉNDEZ, E.

(1999). Oak decline and vegetation dynamics in southwestern Spain. 1 p. 42nd Annual Symposium of the International Association for Veg. Sci. (IAVS) 26-30 July. Bilbao, Spain.