

RESPUESTA ÍNTEGRA DE JOSÉ ANTONIO HÓDAR

Profesor de Ecología de la Universidad de Granada y socio fundador de A. Buxus

Estimado José Gabriel,

Acabo de leer el "reto eco-lógico" que planteas en el *Quercus* del mes de enero y me he animado a intervenir por dos razones: primero, porque conozco la zona concreta sobre la que planteabas las preguntas (el alcornocal de la Sierra del Jaral; yo soy de la comarca) y porque los efectos del cambio global son actualmente tema directo de investigación por mi parte. Así que ahí va.

¿Podría alguien documentar algún caso más de expansión de bosques en zonas semiáridas por causas naturales?

Los bosques españoles en general llevan expandiéndose en superficie y/o incrementando su densidad y biomasa todo el siglo XX; cualquiera que disponga de fotografías de finales del siglo XIX o principios del XX (ver, por ejemplo, Titos 1997, para algunas imágenes de Sierra Nevada), o maneje fotos aéreas de los años cincuenta del siglo XX y las compare con las de ahora puede decirlo. En esta expansión han tenido que ver, por un lado, las labores de reforestación masivas habidas durante los últimos decenios; por otro y sobre todo, los cambios en el uso de los bosques por parte del ser humano: limitación del carboneo y la extracción de leña (que ha dado lugar a muchos de los encinares y melojares que hoy conocemos, por ejemplo, en Sierra Nevada), limitación de la deforestación en zonas mineras por abandono de las minas (caso de la parte alta de Sierra de Lújar o de Sierra de Baza, Sánchez-Picón 1996, Sánchez-Quirante 1998), y reducción, al menos en términos generales aunque con incrementos puntuales, de la presión por herbívoros salvajes y domésticos. Estos cambios han tenido como consecuencia que una regeneración que antes no se producía porque se veía colapsada debido a las actividades humanas, ahora sí es posible. A esto ayudaron períodos de lluvias por encima de la media, como la década de los 60, que fueron muy bien aprovechados por las repoblaciones efectuadas en aquellos años para dar un estirón definitivo.

¿Por qué el cambio climático favorece el aumento de la biomasa forestal?

Porque incrementa la disponibilidad de un factor limitante (el CO₂) e incrementa los niveles de otro factor que, aunque en general no es limitante en nuestras latitudes, aumenta el rendimiento de la fotosíntesis siguiendo una Q₁₀, como es la temperatura. Dado que el CO₂ de hecho se encuentra en una proporción muy baja en la atmósfera terrestre, el incremento de su concentración supone un efecto de fertilización. A esto ayuda el incremento en temperatura debido al efecto invernadero. Mediados los años ochenta del siglo XX se estimaba que el efecto combinado del incremento de CO₂ y temperatura haría aumentar la productividad vegetal en un 30% (Kimball 1983). La investigación posterior ha demostrado que esto es una visión muy simplista del problema, por varias razones. Las plantas responden al incremento en concentración de CO₂ mostrando un incremento en el ritmo de crecimiento y en la eficiencia en el uso del agua y del N, una reducción de la fotorespiración y de la conductancia estomática, y un incremento de la producción, tanto de la parte aérea como de la radicular (Körner y Bazzaz 1996, Pospisilova y Catsky 1999, Medlyn et al. 2001, Kubiske y Godbold 2001). Esto está confirmado por análisis dendrocronológicos que muestran cómo el crecimiento en grosor de muchos árboles ha incrementado desde 1850 (Cannell 1998), y se ha registrado una progresiva disminución en el número de estomas por unidad de

superficie en muchas plantas desde entonces a ahora (Peñuelas y Matamala 1990, Beerling y Kelly 1997). Sin embargo, también hay datos que parecen oponerse a estos efectos positivos o, como mínimo, los matizan (Bazzaz 1990, Walker et al. 1999). Así, el efecto neto del incremento de CO₂ en la atmósfera es un incremento del estrés hídrico en las plantas, el incremento en productividad se reduce o incluso desaparece en poco tiempo porque las plantas se aclimatan rápidamente a la nueva situación, y la respuesta es muy especie-dependiente, ya que algunas especies muestran claros incrementos de productividad mientras que otras no muestran diferencias (Bazzaz et al. 1994, Peñuelas et al. 1997, Idso 1999, Körner 2000, Saxe et al. 2001). A escala global, las plantas efectivamente están mostrando una respuesta a todos estos cambios, y al menos inicialmente esta respuesta parece acorde con un incremento en la productividad total, pero desde luego no se alcanzan las cifras que se barajaban inicialmente. Se calcula que en los últimos 20 años la biomasa vegetal en todo el globo terrestre ha incrementado un 6% (Nemani et al. 2003), pero en todo caso este aumento parece mucho más causado por el incremento en temperatura y la prolongación del período vegetativo de las plantas en latitudes boreales que por el efecto directo de la fertilización por CO₂ y un consecuente favorecimiento de los bosques en los sistemas semiáridos. La cuestión es, sin embargo, si el aumento de la biomasa forestal se traduce en un incremento de la regeneración forestal y de la superficie cubierta por bosque, ya que no necesariamente tiene que ser así.

¿Habrá otros efectos implicados en el proceso además de los apuntados?

Por supuesto. La economía del agua es uno de los principales factores adicionales implicados, aunque no el único. Al incrementar la tasa fotosintética (por el incremento de CO₂ y de temperatura) incrementan también las necesidades de agua, pero no sólo de ella, sino de en general todos los nutrientes esenciales, como N y P. Sin embargo, en el balance hídrico de una plántula o juvenil de una especie concreta (que son, no lo olvidemos, las fases críticas en el establecimiento y puesta en marcha de la regeneración del bosque o su expansión a otras zonas) intervienen mucho más fenómenos de escala local, como la facilitación por matorrales, que otros de escala más amplia como la precipitación recibida durante el año. Dicho de otro modo, es más fácil el establecimiento de un pequeño alcornoque (o encina, o pino) a la sombra de un romero en un año de pluviosidad normal que el establecimiento de ese mismo alcornoque en un suelo desnudo en un año que llueva el doble de lo normal, porque incluso ese año lo normal será que no llueva en verano (la sequía estival típica del clima mediterráneo) y la plántula no sobreviva a estas condiciones si alguien no le da sombra. En estas condiciones, no tiene nada de extraño que el alcornocal de la Sierra del Jaral se esté expandiendo y que en sus bordes se vean "ejemplares jóvenes creciendo vigorosamente *entre el matorral mediterráneo circundante*". Lo raro sería que esta expansión se diera por zonas de suelo desnudo y sin matorral, por ejemplo cultivos abandonados en los que aún no se hubiera establecido el matorral pionero. El papel que estos fenómenos de facilitación juega en el establecimiento de las especies forestales en los ambientes mediterráneos ha sido profusamente estudiado (ver por ejemplo Castro et al. 2002, 2004, Gómez et al. 2004, Zamora et al. 2001b), y han aparecido artículos al respecto incluso en *Quercus* (Zamora et al. 2001a). Con una actividad humana directa (recolección de combustible) e indirecta (pastoreo) en retroceso en el bosque y en estos matorrales, no tiene nada de extraño que la potencial expansión de los bosques, que siempre ha existido, pueda ahora llegar a término, incluso con unas condiciones abióticas más extremas.

¿O tal vez la causa para explicar este fenómeno es independiente del incremento del CO₂?

De lo dicho más arriba puede deducirse que sí. Hay muchas más causas próximas y directas que pueden explicar muy bien el reciente proceso de expansión de nuestros bosques. Eso no quiere decir que el incremento de CO₂ sea irrelevante, quiere decir simplemente que no es ni de lejos el factor fundamental, y que, en todo caso, atribuir una causalidad tan directa a un factor tan general puede ser, como poco, equívoco. Probablemente ninguno de nosotros se atrevería a decir que un accidente de tráfico concreto se ha debido enteramente al incremento de vehículos en circulación durante los últimos veinte años, lo normal será que encontremos causas más próximas y directas que expliquen por qué ocurrió el accidente; sin embargo, es posible que ninguno de nosotros se atreva a decir, con rotundidad, que el incremento de vehículos en circulación durante los últimos veinte años no tiene absolutamente nada que ver con el accidente. Aquí ocurre lo mismo; no es que el incremento de fotosíntesis de los alcornoques debido al incremento de CO₂ sea absolutamente irrelevante, pero que ese incremento de fotosíntesis (si existe y si realmente se mantiene en el tiempo, lo que es, como poco, dudoso) conceda al alcornoque mejores posibilidades de expansión, es una afirmación demasiado gratuita, más disponiendo de otros muchos factores que pueden explicar de forma más sencilla y directa dicha expansión.

Bibliografía citada

- Bazzaz, F. A. 1990. The response of natural ecosystems to the rising global CO₂ levels. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21: 167-196.
- Bazzaz, F. A.; Miao, S. L. y Wayne, P. M. 1994. CO₂-induced enhancements of co-occurring tree species decline at different rates. *Oecologia* 96: 478-482.
- Beerling, D. J. y Kelly, C. K. 1997. Stomatal density response of temperate woodland plants over the past seven decades of CO₂ increase: a comparison of Salisbury (1927) with contemporary data. *American Journal of Botany* 84: 1572-1583.
- Cannell, M. R. G. 1998. UK conifer forests may be growing faster in response to increased N deposition, atmospheric CO₂ and temperature. *Forestry* 71: 277-296.
- Castro, J.; Zamora, R.; Hódar, J. A. y Gómez, J. M. 2002. Use of shrubs as nurse plants: a new technique for reforestation in Mediterranean mountains. *Restoration Ecology* 10: 297-305.
- Castro, J.; Zamora, R.; Hódar, J. A.; Gómez, J. M. y Gómez, L. 2004. Benefits of using shrubs as nurse plants for reforestation in Mediterranean mountains: a 4-year study. *Restoration Ecology* (en prensa).
- Gómez, L.; Zamora, R.; Gómez, J. M.; Hódar, J. A.; Castro, J. y Baraza, E. 2004. Applying plant facilitation to forest restoration in Mediterranean ecosystems: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecological Applications* (en prensa).
- Idso, S. B. 1999. The long-term response of trees to atmospheric CO₂ enrichment. *Global Change Biology* 5: 493-495.
- Kimball, B. A. 1983. Carbon dioxide and agricultural yield: an assemblage of 430 prior conservation. *Agronomy Journal* 75: 779-788.
- Körner, Ch. 2000. Biosphere responses to CO₂-enrichment. *Ecological Applications* 10: 1590-1619.
- Körner, Ch. y Bazzaz, F. A. 1996. *Carbon dioxide, populations, and communities*. Academic Press, San Diego, Estados Unidos.
- Kubiske, M. E. y Godbold, D. L. 2001. Influence of CO₂ on the growth and function of roots and root system. Páginas 147-191 en Karnosky, D. F.; Ceulemans, R.; Scarascia-Mugnozza, G. E. e Innes J. L. (editores), *The impact of carbon dioxide and other*

greenhouse gases on forest ecosystems. CAB International, Wallingford, Reino Unido.

Medlyn, B. E.; Rey, A.; Barton, C. M. V. y Forstreuter, M. 2001. Above-ground growth responses of forest trees to elevated atmospheric CO₂ concentration. Páginas 127-146 en Karnosky, D. F.; Ceulemans, R.; Scarascia-Mugnozza, G. E. e Innes J. L. (editores), *The impact of carbon dioxide and other greenhouse gases on forest ecosystems*. CAB International, Wallingford, Reino Unido.

Nemani, R. R.; Keeling, C. D.; Hashimoto, H.; Jolly, W. M.; Piper, S. C.; Tucker, C. J.; Myneni, R. B. y Running, S. W. 2003. Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. *Science* 300: 1560-1563.

Peñuelas, J. y Matamala, R. 1990. Changes in N and S leaf content, stomatal density and specific leaf area of 14 plant species during the last three centuries of CO₂ increase. *Journal of Experimental Botany* 230: 1119-1124.

Peñuelas, J.; Idso, B.; Ribas, A. y Kimball, B. A. 1997. Effects of long-term atmospheric CO₂ enrichment on the mineral concentration of *Citrus aurantium* leaves. *New Phytologist* 135: 439-444.

Pospisilova, J. y Catsky, J. 1999. Development of water stress under increased atmospheric CO₂ concentration. *Biologia Plantarum* 42: 1-24.

Sánchez-Picón, A. 1996. La presión humana sobre el monte en Almería durante el siglo XIX. Páginas 169-202 en Sánchez-Picón, A. (editor), *Historia y medio ambiente en el territorio almeriense*. Servicio de publicaciones de la Universidad de Almería, Almería.

Sánchez-Quirante, L. 1998. La minería. Páginas 198-202 en *Guía para conocer y visitar el Parque Natural Sierra de Baza*. Asociación Proyecto Sierra de Baza, Granada.

Saxe, H.; Cannell, M. G. R.; Johnsen, Ø.; Ryan, M. G. y Vourlitis, G. 2001. Tree and forest functioning in response to global warming. *New Phytologist* 149: 369-400.

Titos, M. 1997. *Sierra Nevada: una gran historia. Vol. 1*. Monográfica Tierras del Sur, Universidad de Granada.

Walker, B. H.; Steffen W. L. y Langridge, J. 1999. Interactive and integrated effects of global change on terrestrial ecosystems. Páginas 329-375 en Walker, B. H.; Steffen, W. L.; Canadell, J. e Ingram J. (editores), *The terrestrial biosphere and the global change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

Zamora, R.; Castro, J.; Gómez, J. M.; García, D.; Hódar, J. A.; Gómez, L. y Baraza, E. 2001a. Papel de los matorrales en la regeneración forestal en ambientes mediterráneos: aplicaciones para la restauración. *Quercus* 187: 40-47.

Zamora, R.; Gómez, L.; Castro, J.; Hódar, J. A.; Gómez, J. M.; Elola, S. y Montes, J. 2001b. Los matorrales facilitan la supervivencia de los brinzales en el monte mediterráneo: evaluación de una nueva técnica de repoblación forestal. *Montes para la sociedad del nuevo milenio: Actas III Congreso Forestal Español*, vol. 2: 154-159. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.

+++++

Poseso.

--

José A. Hódar
Grupo de Ecología Terrestre
Departamento de Biología Animal y Ecología
Facultad de Ciencias, Universidad de Granada
E-18071 Granada, España

Telf. 958 243242, Fax 958 243238

web site www.ugr.es/~rnm220
web site www.ugr.es/~redbome