

# Cambios en el crecimiento y secuestro de carbono de las masas forestales por el cambio climático

Las plantas son capaces de captar carbono de la atmósfera y fijarlo en sus tejidos mediante la fotosíntesis. Este secuestro de carbono es especialmente importante en árboles, ya que su longevidad hace que permanezca retenido mucho tiempo, incluso tras su corta, en la madera. Las condiciones climáticas tienen una influencia determinante en la actividad fotosintética, y con ello en el crecimiento de las masas forestales, y en su secuestro de carbono. En consecuencia, la alteración de esas condiciones como consecuencia del cambio climático tiene también una influencia directa en el crecimiento y secuestro de carbono de los bosques.

El incremento de las temperaturas asociado al cambio tiene un efecto positivo sobre el crecimiento de las masas forestales cuando no hay limitaciones de disponibilidad de agua, y por tanto especialmente en regiones frías y húmedas (Boisvenue et al., 2010; Dymond et al., 2016). Esto se debe a que el aumento de las temperaturas permite prolongar el periodo vegetativo hacia la época invernal, favoreciendo unos mayores crecimientos. Sin embargo, en regiones con problemas de disponibilidad hídrica la situación es

diferente. En el caso de la región mediterránea, la extensión del periodo vegetativo hacia la época invernal se ve contrarrestada por su reducción hacia la época estival, donde el aumento de las temperaturas y, posiblemente, la reducción de las precipitaciones, incrementa el déficit hídrico (Candel-Perez et al., 2012; Altieri et al., 2024). Las predicciones para Europa apuntan a un mantenimiento de las tasas de crecimiento de los bosques en zonas boreales y templadas, e incluso un incremento hasta 2050, pero a la vez una reducción en la región mediterránea (Nabuurs et al., 2002; Milne y van Oijen, 2005).

En la región mediterránea, los escenarios climáticos regionalizados apuntan a un aumento significativo de las temperaturas, que ya se está produciendo, y a una mayor irregularidad de las precipitaciones, y posiblemente una reducción. Predecir la variación de las precipitaciones en esta región es complejo debido a su irregularidad, que hace difícil diferenciar entre las variaciones asociadas al cambio climático y las asociadas a la propia irregularidad del clima. Aún así, si se considera el escenario RCP 8.5 en el año 2100, la reducción de las precipitaciones sería estadísticamente significativa. Este escenario representa un manteni-

**Álvaro Enríquez de Salamanca**

Ingeniero Técnico Forestal y

Doctor en Ciencias Ambientales

Draba Ingeniería y Consultoría

Medioambiental y Universidad

Complutense de Madrid

**Las condiciones climáticas tienen una influencia determinante en la actividad fotosintética, y con ello en el crecimiento de las masas forestales, y en su secuestro de carbono. En consecuencia, la alteración de esas condiciones como consecuencia del cambio climático tiene también una influencia directa en el crecimiento y secuestro de carbono de los bosques**

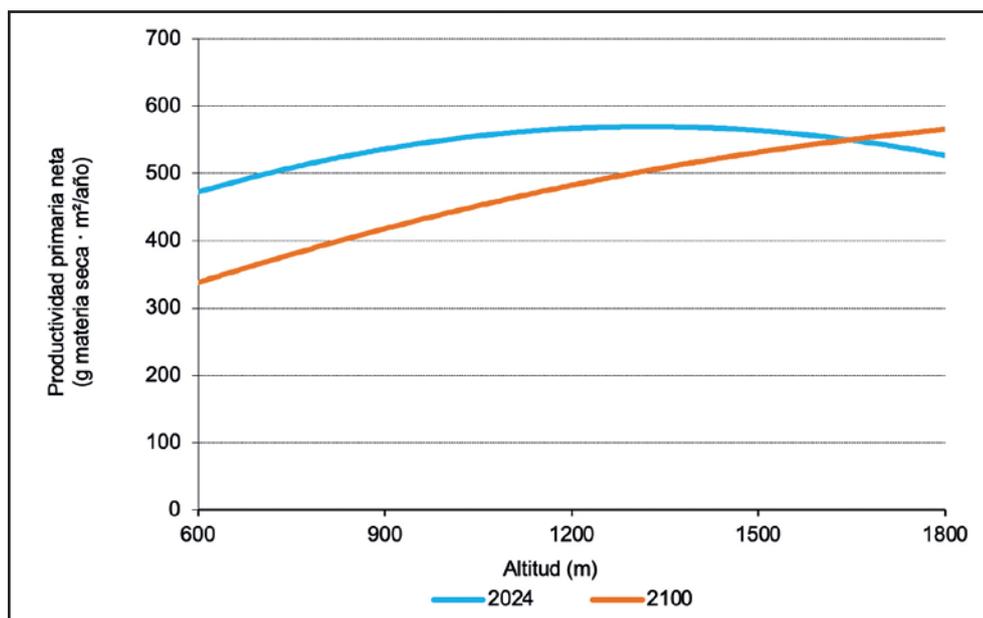


Figura 1. Variación de la productividad primaria neta con la altitud en 2024 y en 2100 en la Comunidad de Madrid

miento de los actuales niveles de emisiones de gases de efecto invernadero sin esfuerzos para su reducción. En escenarios más optimistas (como el RCP 4.5), la reducción de las precipitaciones es altamente probable, pero sin llegar a tener esa certeza estadística.

La altitud tiene también un efecto sobre el crecimiento de los árboles. En regiones templadas y frías el crecimiento disminuye con la altitud, al acortarse el periodo vegetativo (Coomes y Allen, 2007). Sin embargo, en las montañas mediterráneas la reducción de la temperatura estival resulta una ventaja, al alargar el periodo vegetativo, aunque el invierno sea más largo. Como consecuencia, el incremento de las temperaturas asociado al cambio climático tiene un efecto negativo en el crecimiento de los bosques en la región mediterránea, pero que se contrarresta en parte con la altitud.

En un reciente estudio (Enríquez de Salamanca, 2024) hemos analizado el impacto del cambio climático en el secuestro de carbono en cinco especies de pino –*Pinus halepensis*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. pinea* y *P. sylvestris*– en el centro de España, a lo largo de un gradiente altitudinal de entre 573 y 1743 m, basándonos en las predicciones del escenario RCP 8.5 para el año 2100. En ese escenario se detecta un aumento de la temperatura y una reducción de la precipitación en todas las estaciones meteorológicas consideradas. Como indicador de la variación del crecimiento y del secuestro de carbono se ha empleado la variación en la productividad primaria neta entre 2024 y 2100, cuyo cálculo se basa en la evapotranspiración real, que a su vez se determina en función de la precipitación y la temperatura, parámetros cuya variación se puede modelizar.

Los resultados muestran, para el año 2100, un punto de inflexión a una altitud de 1646 m (Fig. 1); por debajo de esa cota se produce una disminución

de la productividad primaria neta, mientras que por encima de ella aumentaría. Como consecuencia, las especies forestales que crecen por debajo de esa cota –la mayoría– sufrirían una reducción en sus tasas de crecimiento y secuestro de carbono, mientras que las que crecen por encima tendrían un mayor crecimiento.

Los resultados globales muestran un descenso en la captura de carbono en las cinco especies de pinos analizadas, que oscilaría entre el 6 % en *Pinus sylvestris*, la especie que crece a mayores altitudes, y el 28 % en *Pinus halepensis*, que crece en las cotas más bajas. A escala regional, para el conjunto de la Comunidad de Madrid, donde se desarrolla este estudio, la disminución media del secuestro de carbono, considerando la extensión ocupada por cada una de estas especies de pino, sería del 16,4 %.

Como conclusión, el cambio climático va a generar en la región mediterránea una reducción en el crecimiento y el secuestro de carbono de las masas forestales, cuya intensidad dependerá de la magnitud de los cambios en el clima, a su vez condicionados por los esfuerzos que se hagan para su mitigación. Aunque la altitud compensará en parte esos cambios, solo se verían beneficiadas las especies de alta montaña, teniéndose como promedio una reducción notable del crecimiento.

Esa pérdida de crecimiento afectará a la productividad forestal, y además reducirá los niveles actuales de captura de carbono, lo que genera a su vez un impacto negativo inducido sobre el cambio climático, al reducirse la mitigación asociada a las masas forestales. Es preciso tener en cuenta estas previsiones, ya que esa pérdida de secuestro debería compensarse aumentando los sumideros de carbono, mediante nuevas plantaciones, mediante la restauración de bosques degradados o con medidas de gestión forestal que permitan incrementar el secuestro.



## Referencias

- Altieri S, Niccoli F, Kabala JP et al. 2024. Influence of drought and minimum temperature on tree growth and water use efficiency of Mediterranean species. *Dendrochronologia* 83: 126162.
- Boisvenue C, Running SW. 2010. Impacts of climate change on natural forest productivity—evidence since the middle of the 20th century. *Glob. Chang. Biol.* 12: 862–882.
- Candel-Perez D, Linares JC, Viñepla B et al. 2012. Assessing climate-growth relationships under contrasting stands of co-occurring Iberian pines along an altitudinal gradient. *For. Ecol. Manag.* 274: 48–57.
- Coomes DA, Allen RB. 2007. Effects of size, competition and altitude on tree growth. *J. Ecol.* 95: 1084–1097.
- Dymond CC, Beukema S, Nitschke CR et al. 2016. Carbon sequestration in managed temperate coniferous forests under climate change. *Biogeosciences* 13: 1933–1947.
- Enríquez de Salamanca A. 2024. Influence of climate change on carbon sequestration in pine forests of central Spain. *Atmosphere* 15: 1178.
- Milne R, van Oijen M. 2005. A comparison of two modelling studies of environmental effects on forest carbon stocks across Europe. *Ann. For. Sci.* 62: 911–923.
- Nabuurs GJ, Pussinen A, Karjalainen T et al. 2002. Stemwood volume increment changes in European forests due to climate change—A simulation study with the EFISCEN model. *Glob. Chang. Biol.* 8: 304–316.