

EFFECTOS DEL DÉFICIT HÍDRICO EN EL BALANCE DE CARBONO DE LA ENCINA (*Quercus ilex* L.)

G. MORENO MARCOS

Ingeniería Técnica Forestal. Centro Universitario. Universidad de Extremadura.
Avd. Virgen del Puerto, Plasencia 10600 (Cáceres). email: gmoreno@unex.es

RESUMEN

Las posibles respuestas de las plantas ante el déficit hídrico afectan fundamentalmente a 4 procesos: fotosíntesis, respiración, ajuste osmótico (respuesta bioquímica) y ajuste estructural (distribución del carbono entre órganos). En este estudio se han medido en 8 encinas (*Quercus ilex* L.) de 40 de edad los siguientes parámetros: a) fotosíntesis; b) respiración de ramas, hojas y rebrotes; c) potencial hídrico; d) fenomorfología y crecimiento modular (ramas); e) contenido en fibras (lignina, celulosa y hemicelulosa), azúcares (solubles y almidón), nitrógeno y lípidos de hojas y ramas. Las medidas se realizaron mensualmente durante 17 meses. A partir de los resultados de asimilación y consumo de C (respiración y crecimiento) se ha calculado el balance de carbono. Los resultados más destacados son: i) La acusada diferencia en la intensidad del déficit hídrico estival se tradujo en diferencias significativas en las tasas de fotosíntesis y de crecimiento. ii) La respiración aparece como un componente muy importante del balance de carbono, muy especialmente en el verano y la fase de emergencia foliar. iii) En esos 2 periodos la autonomía de los módulos con respecto al C no parece asegurada, dependiendo en esos casos de las reservas acumuladas en ramas y troncos.

P.C.: Balance de carbono; fotosíntesis; respiración; déficit hídrico; encina; *Quercus*.

SUMMARY

Changing plant productivity in response to stress is largely dictated by photosynthesis, carbohydrate production, respiration, and the subsequent incorporation of that carbohydrate into biomass. The ecological effects of the summer water deficit has been studied on mature evergreen oaks (*Quercus ilex* L.). The study has been conducted in an experimental field with 8 mature holm oak, measuring monthly, along 17 months, the next parameters: a) net assimilation; b) respiration rates of leaves, branches and sprouts; c) leaf water potential; d) pheno-morphology and growth of modules e) estimation of the biochemical composition of the different plant organs, by NIRS: structural carbohydrates (lignine, cellulose and hemicellulose), non-structural carbohydrates (starch and soluble sugars), nitrogen (proteins) and lipids. The obtained information is used to estimate the carbon balance at module (branch) level, arising the following conclusions: i) assimilation and growth rates were highly dependent of the intensity of the summer water deficit; ii) respiration account for an important percentages of the assimilated carbon, mainly during the shoot elongation and, in a less extension, in the drier summer; iii) in those both periods, the autonomy of the modules was not ensured, consuming part of the previously accumulated reserves in branches and stem.

K.W.: Carbon balance; photosynthesis; respiration; holm oak; *Quercus*.

INTRODUCCIÓN

En las regiones con clima mediterráneo, los aspectos relacionados con la utilización de los recursos hídricos por los vegetales son de gran interés debido a la escasez de los mismos, al menos durante un periodo prolongado del ciclo anual, coincidiendo con la época favorable para el desarrollo vegetal (altas temperaturas). La concentración de CO₂ en la atmósfera sigue aumentando progresivamente, y este aumento está trayendo consigo alteraciones en el régimen de precipitaciones, con un previsible incremento en la erraticidad de las lluvias y una elongación de los periodos secos (RAMBAL 1995).

Para poder responder a muchos de los interrogantes abiertos sobre los efectos del cambio climático en la productividad y dinámica vegetal, debemos conocer los cambios inducidos en el balance de carbono y crecimiento de las plantas sometidas a diferentes situaciones de déficit hídrico. Los cambios en la productividad vegetal, como consecuencia de las condiciones de stress, vienen principalmente determinados por la suma de los siguientes procesos (WULLSCHLEGER & NORBY 1992): a) Tasa de asimilación de carbono, i.e. fotosíntesis; b) Tasa de consumo de carbono, i.e. la respiración; c) Modificaciones químicas, i.e. procesos que determinan la forma química del C; d) Repartición del carbono, i.e. distribución entre los distintos órganos de la planta. En su conjunto, podría afirmarse que bajo condiciones de déficit hídrico, la planta responde más reduciendo su crecimiento que su tasa de fotosíntesis (CANNEL & DEWAR 1994).

En este contexto, en la última década se han desarrollado muchos modelos de crecimiento vegetal, que basándose en relaciones empíricas y datos fácilmente medibles en los ecosistemas, predicen la distribución del carbono asimilado entre los diferentes órganos de la planta (McMURTRIE & LANDSBERG 1992; GROSSMAN & DEJONG 1994). Estos modelos se han mostrado consistentes para algunos procesos; e.g. balance de agua y asimilación de carbono. Sin embargo, otros procesos siguen sin ser bien comprendidos y descritos; e.g. la repartición y distribución de los fotoasimilados (McMURTRIE & LANDSBERG 1992).

Otro proceso aún insuficientemente estudiado y conocido es el de la respiración. Para establecer el balance de carbono que nos permita modelizar el crecimiento y ciclo de vida de los árboles, era preciso establecer ecuaciones que estimaran las pérdidas de carbono por respiración a lo largo del año bajo diferentes condiciones ambientales. De hecho, los costes en términos de carbono, asociados con el crecimiento y mantenimiento (respiración) de las estructuras perennes de los árboles podría comprender una nada despreciable cantidad del carbono asimilado por las hojas (GROSSMAN & DEJONG 1994).

Con objeto de profundizar en este tema, se ha llevado a cabo el proyecto de investigación "Alteraciones en el balance de agua y carbono en bosques mediterráneos de encinas (*Quercus ilex* L.) en respuesta al cambio climático, y en particular a la modificación del régimen de precipitación". El objetivo concreto de este proyecto es la modelización del balance hídrico de la encina y la inmovilización de carbono a corto y medio plazo, en función de la disponibilidad de agua. Se pretende dar respuestas a las siguientes cuestiones: ¿cómo una disminución en la disponibilidad de agua afecta al estado hídrico de la planta?. Y esto, ¿cómo afecta esto a la asimilación de CO₂?. ¿Cómo afecta a la repartición de carbono entre respiración de mantenimiento y crecimiento? ¿Cómo afecta a la distribución entre distintos órganos de la planta? Y por último, ¿cómo todo ello se traduce en términos de crecimiento, tanto en calidad como en cantidad?

En el presente trabajo se centra en el análisis del balance de carbono a nivel de ramas (módulos: unidades repetitivas) en función del estado vegetativo de la planta y de la intensidad del déficit hídrico estival.

MATERIAL Y MÉTODOS:

El estudio se ha desarrollado en el campo de experimentación del CEFÉ de Montpellier, Camp Redon, en un encinar (*Quercus ilex* L.) de 32 años de edad y 7 metros de altura, con suelo profundo (> 3 m), arcilloso y con abundantes elementos gruesos. El clima es típicamente mediterráneo subhúmedo.

Se instalaron 2 torretas para acceder a la parte superior de las copas de los árboles. Todas las medidas se realizaron en un total de 8 árboles, durante 17 meses (abril de 1995 a agosto de 1996), con

una periodicidad mensual. En los meses de Mayo y Julio, coincidiendo con los periodos de máximo crecimiento modular, y de máxima variación en el déficit hídrico para la planta, las medidas se realizaron quincenalmente (total de 19 ocasiones).

Potencial hídrico de la planta: Se midió con la cámara de presión (PMS, Corvallis, OR, USA), en 2 momentos del día, justo antes de amanecer (potencial hídrico máximo) y al inicio de la tarde (alrededor de 15 horas), cuando se asumía el estado de mínimo potencial hídrico en la planta. En cada ocasión se realizaban 24 medidas, 3 por árbol. Este parámetro es utilizado como un indicador de la intensidad del déficit hídrico que experimenta la planta,

Asimilación neta de CO₂: Fue medida con un analizador portátil de CO₂ mediante infrarrojo (modelo LCA-3, ADC, UK) y una cámara abierta (tipo PLC-3A, de 6,25 cm² de área, ADC, UK). Las medidas se realizaron desde la salida hasta la puesta del sol, en intervalos de 2 horas aproximadamente (cada hora al inicio y final de día). Cada día se utilizaron 32 hojas diferentes (4 x 8 árboles).

Respiración de hojas y ramas: Fue medida con el mismo equipo de análisis de CO₂ (IRGA) utilizado para la fotosíntesis. Las medidas se realizaron en ramas vivas, encerradas en cámaras opacas de aproximadamente 750 cm³. En cada ocasión se seleccionaron 2 ramitas completa y otra desfoliada por árbol (24 ramitas).

Fenología y crecimiento modular: fue estudiada en 3 módulos seleccionados de cada árbol, en las que se midió para cada uno de los flujos, el número de ramas, longitud y diámetro de la rama principal, así como el número de hojas.

Composición bioquímicas y coste de construcción de hojas y ramas: Se cortaban 3 módulos en cada árbol, también mensualmente. En estos se realizaban la mismas medidas, además del peso de ramas y hojas de cada flujo. A su vez, se determinaba el área media y el peso específico (LMA, g/dm²) de las hojas de cada árbol. Las muestras fueron separadas por órgano y flujo y analizadas con objeto de determinar su composición bioquímica, mediante Espectrofotometría de Infra-Rojo Cercano (NIRS; BATTEN *et al* 1993). Los compuestos determinados fueron: carbohidratos estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa), carbohidratos no estructurales (no soluble (almidón) y soluble (azúcares)), lípidos y proteínas. A partir de los resultados de composición se calculó el coste de construcción, basándonos en los resultados de PENNING de VRIES (1975).

Cálculo del balance de carbono

En el cálculo del balance de carbono interviene la cantidad de carbono asimilado por las hojas de cada módulo, la cantidad de carbono respirado por las hojas y ramas de cada módulo, y la cantidad de carbono empleado en la construcción de nuevos tejidos (crecimiento) ⇒

Importación (-) o Exportación (+) = Asimilación Neta - Respiración - Coste de Construcción

De este modo podemos estimar la cantidad de carbono sobrante en el módulo, que puede destinarse al crecimiento y mantenimiento de raíces, troncos y ramas gruesas, o en que momento o bajo que circunstancias, los módulos dependen de las reservas almacenadas fuera de los mismos (e.g. troncos).

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Estado hídrico de la planta

Los valores de potencial hídrico (Ψ) de la planta presentan una pauta netamente estacional (Figura 1), con valores crecientemente negativos durante el periodo estival, pero con diferencias altamente significativa ($p < 0,01$) entre los 2 veranos, con un déficit hídrico mucho más acusado en el primer verano (-3,01 vs -0,88 MPa de $\Psi_{\max}$), evidenciando las diferencias habidas en el volumen de precipitación caídas en los meses precedentes (Figura 1). Se puede afirmar que prácticamente no existió una limitación al consumo de agua en el segundo verano, no alcanzándose el límite de -1 MPa de $\Psi_{\max}$ a partir del cual el potencial hídrico juega un papel relevante en la tasa fotosintética (SALA 1999).

