



5º CONGRESO FORESTAL
ESPAÑOL

5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

REF.: 5CFE01-163

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

Influencia de las claras de *Pinus sylvestris* L. y *Pinus nigra* Arn. en el crecimiento diametral del alcornoque (*Quercus suber* L.) en Bozoo (Burgos)

VÁZQUEZ-PIQUÉ, J.¹, SALGUERO, M.L.², GONZÁLEZ-PÉREZ, A.¹, GARCÍA GÜEMES, C.² TAPIAS, R.,¹ MACÍAS, R.,¹ y ALLUÉ, C.²

¹ Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Huelva

² Servicio Territorial de Medio Ambiente de Burgos. Junta de Castilla y León.

Resumen

El alcornocal de Bozoo es una masa relíctica de esta especie situada en el Parque Natural de los Obarenes (Burgos). Este alcornocal, con gran valor ecológico, ocupa 400 ha de superficie y se encuentra en su mayoría bajo una densa cubierta de *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* proveniente de repoblaciones realizadas hace 50 años. Para favorecer el crecimiento y desarrollo del alcornoque que actualmente se encuentra sometido a una fuerte competencia por la luz, se ha desarrollado un programa de claras en el pinar. El diseño experimental ha consistido en dos tratamientos (eliminación total y mantenimiento de la cubierta del pinar). Se han cuantificado desde el año 2003 el crecimiento mensual de 70 alcornoques del ensayo mediante dendrómetros de banda y con 8 dendrómetros potenciométricos. Se completa la recogida de datos con una estación meteorológica y sensores de humedad y temperatura del suelo. Tras 4 años de seguimiento se evidencia que la eliminación de la cubierta del pinar tiene un efecto significativo sobre el crecimiento del alcornoque, que triplica el crecimiento en circunferencia en zonas aclaradas con relación a las no aclaradas.

Palabras clave

Claros, clima, suelo, dendrómetro de banda, dendrómetro electrónico

1. Introducción

El alcornocal de Bozoo está situado en el nordeste de la provincia de Burgos en la Sierra de Besantes, en la parte este del Parque Natural “Montes Obarenes”, incluido en la Red Natura 2000. Este alcornocal relíctico, presenta unas características especiales que le diferencian de otras masas de alcornocal de la Península, con condiciones climáticas muy particulares para la especie (clima nemoromediterráneo VI(IV)₂ (ALLUÉ, 1990), con una precipitación media anual de 878 mm, una temperatura media anual de 10 °C y un periodo de sequía de 0,36 meses). El alcornocal se sitúa en una altitud entre 700 y 900 m, con una orientación sur y sureste bajo una masa de *Pinus sylvestris* L. y *Pinus nigra* Arn. procedentes de repoblaciones efectuadas hace 50 años.

Algunas de las referencias históricas que citan el bosque de Bozoo se encuentran en MADDOZ (1849) e incluyen la descripción de las especies forestales presentes en los bosque de Bozoo, donde incluían la encina (*Quercus ilex* Lam.), alcornoque (*Quercus suber* L.), pinos (*Pinus sylvestris* L. y *Pinus nigra* Arn.), y otros robles mediterráneos (*Quercus faginea* Lam. y *Quercus pyrenaica* Willd.). Otras especies presentes en la actualidad son madroños (*Arbutus unedo* L.), brezos (*Erica cinerea* L. y *Erica scoparia* L.) y brecina (*Calluna vulgaris* L.).

Sin embargo la situación en que se encontraba esta masa forestal después de la guerra civil era la de una masa con algunos pies dispersos de pinos, alcornoques y grandes zonas de matorral y pastizales, con fuerte presión de ganado en el monte. Ante este escenario la administración forestal de la época, planificó una serie de repoblaciones forestales con el objetivo de recuperar la cubierta forestal que comenzaron en los años 50. Las repoblaciones fueron realizadas con *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*, y *Pinus pinaster*, con una densidad media de 2500 pies ha⁻¹ (SALGUERO et al., 2008). Entre el año 1950 y 1956 se consiguió repoblar un total de 405 ha. El acotado al ganado permitió en los primeros años una recuperación del alcornocal pero el buen crecimiento del pinar ocasionó una fuerte disminución de la luz en el estrato inferior donde se desarrollaban los alcornoques. Las primeras claras efectuadas al pinar comenzaron en los años 80. Estas claras aumentaron la luminosidad de las zonas donde se realizaron, lo que supuso una mejora de las condiciones de los alcornoques afectados. Sin embargo la mayoría de los alcornoques aún seguían en condiciones de fuerte competencia por la luz, el agua y los nutrientes, lo que provocó la muerte de numerosos individuos y la existencia portes muy defectuosos.

La realización de claras es la herramienta más común utilizada en la gestión forestal para variar las condiciones microecológicas y las relaciones de competencia entre los individuos de una masa, a partir de la redistribución del agua, los nutrientes y la luz. La mayoría de estudios indican que la clara aumenta la transpiración a nivel individual pero reduce la de la masa al ser menor el número de individuos (AUSSENAC et al., 1982; WHITEHEAD et al., 1984; MORIKAWA et al., 1986; AUSSENAC & GRANIER, 1987; CLAUSTRES, 1987; BREDA et al., 1995). Además, la clara reduce la intercepción de agua por parte de la copa, lo que, unido a la reducción de transpiración, ocasiona un aumento del contenido en agua del suelo en rodales aclarados (AUSSENAC et al., 1982; AUSSENAC & GRANIER, 1987; BREDA et al., 1995) y da lugar a un mejor estado hídrico durante el periodo vegetativo. Ello conlleva un aumento del crecimiento en diámetro, ocasionado igualmente por una mayor disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, en individuos largamente suprimidos, como los existentes en el alcornocal estudiado, el aumento de transpiración originado tras la clara podría inducir un elevado estrés hídrico al no poder compensar el individuo la pérdida de agua con la absorción de agua por un sistema radical de escaso desarrollo.

Conscientes del interés que tiene la conservación de este alcornocal por su alto valor ecológico, único en la provincia de Burgos, la delegación Territorial de Burgos del Servicio de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León en colaboración con la Universidad de Huelva, iniciaron en 2003 los estudios que se presentan en este trabajo, que ayudarán a la toma de decisiones para mejorar la gestión y conservación de este alcornocal con criterios científicos contrastados. Para ello se realizó un ensayo de claras mediante la instalación de un dispositivo experimental que permite cuantificar la influencia de la reducción de la competencia y de las condiciones climáticas en el crecimiento del alcornoque.

2. Objetivos

El objetivo principal de este ensayo es conocer la respuesta del crecimiento del alcornocal a la reducción de la cubierta de pinar para mejorar el conocimiento sobre los factores que afectan al crecimiento de la especie y la gestión y conservación de esta masa relíctica.

3. Metodología

3.1. Dispositivo experimental

El diseño de experimento es de bloques completos aleatorizados con la realización de dos bloques y dos tratamientos (eliminación y sin eliminación de la cubierta de pinos). La realización de dos bloques atendió a las posibles variaciones edáficas y microclimáticas que pudieran resultar de la disposición de la masa en una ladera. Para la aplicación de los tratamientos se dividió cada bloque en dos áreas iguales. El dispositivo experimental fue instalado en abril del año 2003 y tienen una superficie de 1.530 m² (bloque A) y 1.802 m² (bloque B). Antes de efectuar la eliminación de los pinos se midió el área basimétrica, alturas, longitudes de copa y diámetros de copa en todos los individuos (228 en el bloque A y 236 en el bloque B). Todos los árboles fueron georeferenciados con una estación total de topografía, lo que permite conocer el nivel de competencia entre los individuos antes y después de la clara. La clara fue realizada en Mayo de 2004.

Para analizar el crecimiento, con anterioridad a la realización de los tratamientos, se instalaron 70 dendrómetros de banda de fabricación propia en alcornoque (35 por cada tratamiento), 30 en *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* que no iban a ser eliminados, 6 en *Quercus ilex* y 4 en *Arbutus unedo*. Estos dendrómetros de banda han tenido una medición mensual durante el periodo vegetativo desde el año 2003. La medición se realiza con calibre digital de precisión 0,01 mm.

Para completar el estudio del crecimiento se instalaron dendrómetros digitales (Modelo de Utilidad Pública nº 1067763Y, Universidad de Huelva, 2008). Estos dendrómetros recogen datos cada 15 minutos y con una precisión de 4 micras, lo que nos permite cuantificar el efecto de clara en el crecimiento de las especies de forma precisa, comparar los periodos de crecimiento y cuantificar los mismos entre las distintas especies. Se obtienen igualmente las variaciones diarias debidas al crecimiento celular y a flujo de savia, lo que permite relacionar estos resultados con las variables edafoclimáticas obtenidas. El sistema completo de recogida digital de datos del ensayo consiste en 8 dendrómetros potenciométricos situados en alcornoques (4 por tratamiento), 1 en *Pinus sylvestris*, 1 en *Pinus nigra*, 1 en *Arbutus unedo* y 2 en *Quercus ilex*.

Para poder relacionar los patrones de crecimiento con las variables edafoclimáticas, se ha instalado en el bloque A una estación meteorológica (modelo Vantage Pro, Davis Instruments), que recoge datos de temperatura del aire, humedad relativa, precipitación, velocidad del viento, radiación, presión del aire, humedad y temperatura del suelo. La recogida de datos se produce cada 30 minutos. Este equipo se completa con dos sensores de humedad del suelo y dos de temperatura de suelo en el bloque B (uno en la zona aclarada y otro en la zona sin aclarar). Dichos sensores, que se conectan al mismo datalogger que recoge los datos de los dendrómetros digitales y con una periodicidad de 15 minutos, proporcionan información sobre la evolución temporal del contenido de humedad y temperatura del suelo que también se puede relacionar con las pautas de crecimiento del árbol.

3.2 Análisis de datos

Se ha analizado la influencia de los efectos del bloque, el árbol, el tratamiento de clara, el año, el mes y la interacción tratamiento x mes, tratamiento x año y tratamiento x mes x año en el crecimiento del alcornoque mediante un modelo con la siguiente estructura inicial:

$$y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + b_{j(i)} + \tau_k + \gamma_l + \varepsilon_m + (\tau\gamma)_{kl} + (\tau\varepsilon)_{km} + (\tau\gamma\varepsilon)_{klm} + e_{ijklm}$$

Con:

- y_{ijk} : Crecimiento diario en décimas de mm del árbol j del bloque i en el mes m del año l sometido al tratamiento k .
- μ : media general.
- α_i : Efecto fijo bloque ($i=1,2$).
- $b_{j(i)}$: Efecto aleatorio árbol (dentro de bloque) con $j=1,2,\dots$ e $i=1,2$ bajo las hipótesis $b_{j(i)} \sim N(0, \sigma_b^2)$, y covarianzas nulas entre distintos individuos.
- τ_k : Efecto fijo tratamiento $k=1,2$.
- γ_l : Efecto fijo año, con $l=1,2,3,4,5$ (años de 2004 a 2008)
- ε_m : Efecto fijo mes, con $m=1,2,\dots,8$. (de abril a noviembre)
- $(\tau\gamma)_{kl}$: Interacción tratamiento x año.
- $(\tau\varepsilon)_{kml}$: Interacción tratamiento x mes.
- $(\tau\gamma\varepsilon)_{klm}$: Interacción tratamiento x año x mes
- e_{ijklm} : Error residual con hipótesis inicial $e_{ijklm} \sim N(0, \sigma_e^2)$.

El modelo inicial es un modelo lineal mixto con efecto aleatorio árbol y efectos fijos bloque, tratamiento, año, mes e interacciones tratamiento x año, tratamiento x mes y tratamiento x año x mes. La consideración del efecto aleatorio árbol recoge la posible correlación existente entre observaciones tomadas en un individuo. La estructura espacial no se ha analizado para este trabajo, por lo que se considera covarianza espacial nula entre individuos. Se ha considerado igualmente la posible presencia de correlación temporal entre meses de medición, mediante la realización de la siguiente aproximación para seleccionar el modelo más adecuado:

- Paso 1: Consideración de efecto aleatorio a nivel árbol y selección de la mejor estructura de la matriz de varianzas covarianzas incluyendo hipótesis de no independencia entre observaciones de un individuo tomadas en distintos meses e incluyendo igualmente estructuras de varianzas heterogéneas. Se han considerado matrices de tipo autoregresivo de orden 1, Toeplitz con varias bandas, simétrica compuesta heterogénea, antedependiente de orden 1, no estructurada y no estructurada diagonal.
- Paso 2: Análisis de significación del efecto aleatorio a nivel árbol.
- Paso 3: En caso de efecto aleatorio árbol significativo, análisis del modelo con la introducción de la circunferencia normal como covariable.

Los componentes de la varianza para cada una de las estructuras de la matriz de varianzas-covarianzas se han estimado por máxima verosimilitud restringida o residual (REML). Para analizar la mejor estructura de modelo se han comparado los valores del estadístico -2 veces el logaritmo de verosimilitud (-2LL) a través de un test de verosimilitud en el caso de que una de las estructuras sea reducción de la otra. Se ha considerado un valor $\alpha=0,05$ para detectar una mejora en las características del modelo con la introducción de nuevos parámetros en la matriz. En caso contrario se ha atendido a los estadísticos -2LL y al criterio de información de Akaike (AIC) y el criterio Bayesiano de Schwarz (SBC) primando el modelo con el menor valor de dichos estadísticos

Tras la selección de la mejor estructura de la matriz de varianzas-covarianzas y la estimación de los componentes de la varianza se ha realizado la estimación de los coeficientes

de los efectos fijos del modelo (bloque, tratamiento, año, mes e interacción tratamiento x año, tratamiento x mes y tratamiento x año x mes) por mínimos cuadrados generalizados y analizado su nivel de significación mediante un test F. En el caso de introducción de la covariable circunferencia normal se ha analizado su nivel de significación a través de un test F y mediante un test de verosimilitud con el valor de reducción de $-2LL$. En este caso la comparación se ha realizado tras realizar el ajuste del modelo por máxima verosimilitud (ML). En los efectos significativos se ha realizado la comparación entre sus niveles mediante el test de Scheefe. El análisis estadístico se ha realizado con SAS v9.1.

Los datos obtenidos con dendrómetros electrónicos se han analizado gráficamente para detectar las características del crecimiento en zonas aclaradas y no aclaradas, conocer la duración del periodo vegetativo y los momentos de activación y detención y apoyar y explicar los resultados obtenidos en el análisis estadístico de los crecimientos mensuales.

4. Resultados

4.1. Caracterización de la clara

Los resultados del inventario realizado antes de la clara en el área de ensayo se presentan en la Tabla 1, donde se muestra los valores medios de las principales variables dendrométricas medidas en las diferentes especies presentes.

Tabla 1. Valores de las principales variables dendrométricas medidas en los bloques A y B (Bozoo, Burgos) antes de la ejecución de la clara

Bloque	Especies	Sección normal media (dm ²)	Altura media(m)	Altura de copa media (m)
A	<i>Q. suber</i>	1,43	4,0	2,2
	<i>P. sylvestris</i>	4,59	12,2	6,0
	<i>P. nigra</i>	2,44	12,4	6,1
	<i>Q. ilex</i>	0,29	2,3	0,5
	<i>A. unedo</i>	0,51	2,8	3,4
B	<i>Q. suber</i>	1,68	4,9	2,6
	<i>P. sylvestris</i>	6,05	12,8	4,2
	<i>P. nigra</i>	3,66	13,9	3,2
	<i>Q. ilex</i>	0,50	4,2	2,9
	<i>A. unedo</i>	0,16	3,7	2,6

La distribución de las circunferencias de los pies anteriores a la ejecución de la clara se presentan en la Figura 1.

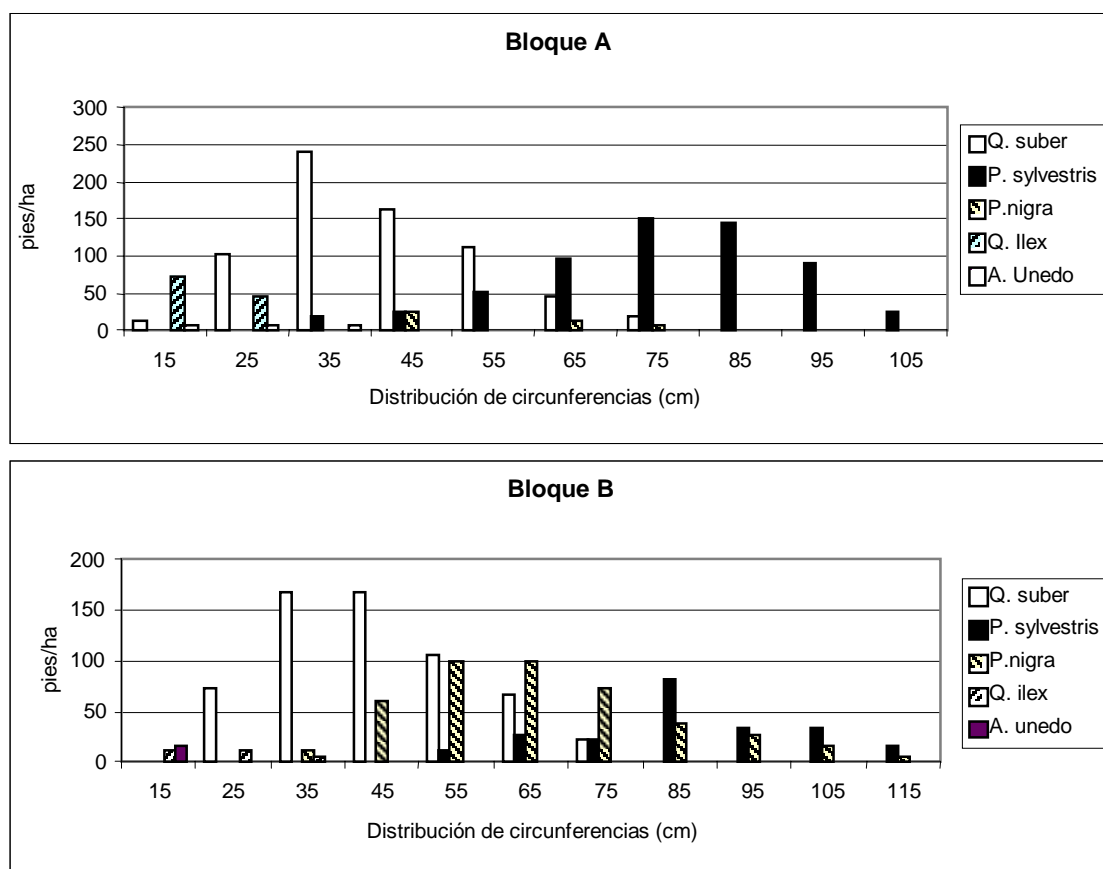


Figura 1. Distribución de circunferencias en los bloques A y B antes de la ejecución de la clara.

La cuantificación de la clara ejecutada en el año 2004 se presenta en la Tabla 2. El área basimétrica promedio antes de la clara era de 39,8 m² ha⁻¹ de los que 29,5 m² ha⁻¹ corresponden a pinos. La clara supuso una reducción del 34% del Área basimétrica total (un 46% considerando únicamente los de pinos).

Tabla 2. Cuantificación de la clara en área basimétrica y en pies por ha en los bloques A y B.

Bloque	Antes de la clara					pies ha ⁻¹				
	Área Basimétrica (m ² ha ⁻¹)									
	<i>Q. suber</i>	<i>P. sylvestris</i>	<i>P. nigra</i>	<i>Q. ilex</i>	<i>A. unedo</i>	<i>Q. suber</i>	<i>P. sylvestris</i>	<i>P. nigra</i>	<i>Q. ilex</i>	<i>A. unedo</i>
A	9,98	28,18	1,12	0,34	0,10	699,35	614,38	45,75	117,65	19,61
B	10,06	13,77	15,84	0,14	0,03	599,27	227,50	432,81	27,74	16,65
Clara										
A	0,00	17,23	1,12	0,00	0,00	0,00	398,69	45,75	0,00	0,00
B	0,00	2,91	6,61	0,00	0,00	0,00	49,94	216,40	0,00	0,00
Después de la clara										
A	9,98	10,95	0,00	0,34	0,10	699,35	215,69	0,00	117,65	19,61
B	10,06	10,86	9,24	0,14	0,03	599,27	177,56	216,40	27,74	16,65

4.2. Modelo de crecimiento en circunferencia

La estructura finalmente seleccionada de matriz de varianzas-covarianzas es la compuesta simétrica heterogénea para las observaciones entre meses. Esta matriz tenía un comportamiento mucho mejor que la autoregresiva o Toeplitz, que consideran varianzas

homogéneas. Los valores de los componentes de la varianza estimados se indican en la Tabla 3.

Tabla 3. Estimación de los componentes de la varianza en el modelo seleccionado

ρ	Mes							
	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Sp	Oc	Nv
0,4741	0,04269	0,02346	0,04146	0,1701	0,02204	0,01859	0,007029	0,003106

El efecto aleatorio árbol era significativo en el modelo inicial, con $\sigma^2a=0,000198$ pero la introducción de la circunferencia normal como covariable (coeficiente estimado= $+0,000926$ $p<0,0001$) absorbe el 58% de la varianza a nivel árbol y este efecto deja de ser significativo.

Todos los efectos fijos considerados en el modelo inicial así como la covariable circunferencia normal son significativos. El test de significación de los efectos fijos se indica en la Tabla 4.

Tabla 4. Test de significación de los efectos fijos del modelo. G de l.: Grados de libertad

Efecto	G de l. (numerador)	G de l. (Denominador)	Valor de F	Prob > F
T. indep	1	709	1,61	0,2087
Circ Normal	1	433	15,74	<0,0001
Bloque	1	432	4,09	0,0438
Tratamiento	1	449	37,20	<0,0001
Año	4	443	11,18	<0,0001
Mes	7	551	19,57	<0,0001
Tratamiento x año	4	443	3,26	0,0118
Tratamiento x mes	7	551	6,48	<0,0001
Tratamiento x mes x año	34	885	6,3	<0,0001

El bloque A tiene un crecimiento superior al B y la clara tiene un efecto muy significativo en el crecimiento del alcornoque. Los valores estimados por el modelo y el error de estimación se indican en la Figura 2. El crecimiento de los individuos de la zona aclarada prácticamente triplica el de la zona no aclarada. Asimismo existe un efecto año muy significativo cuyos valores pueden consultarse en la Figura 3. El crecimiento estimado en 2004 es negativo, indicando probablemente que, debido al escaso crecimiento de los individuos en el periodo anterior a la clara por encontrarse suprimidos bajo la cubierta de pinar, las bandas dendrométricas estaban en fase de ajuste, o bien que la respuesta a la clara no se produjo en el primer periodo vegetativo. El clima no parece ser el responsable del escaso crecimiento detectado, ya que desde el punto de vista climático el año 2004 puede calificarse de normal, con valores de temperaturas medias y extremas y de precipitación próximas a los valores medios registrados en el resto de años del estudio. A partir de ese año el aumento de crecimiento es considerable y el año 2008 ya es significativamente superior al 2004, 2005 y 2006.

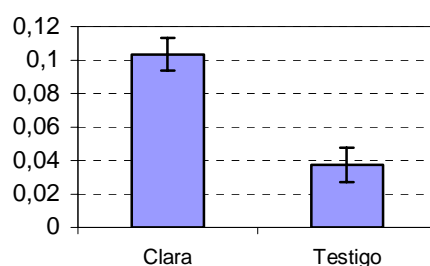


Figura 2 Valor estimado y error de estimación del crecimiento en circunferencia del alcornoque (décimas de mm día⁻¹) en zonas aclaradas y no aclaradas

El efecto mes es altamente significativo y refleja la fenología del crecimiento en la zona de estudio (Figura 3). El crecimiento es máximo en Julio, seguido de Junio y Mayo y, en menor medida, de Agosto, Septiembre y Octubre. En Noviembre y Abril es prácticamente nulo.

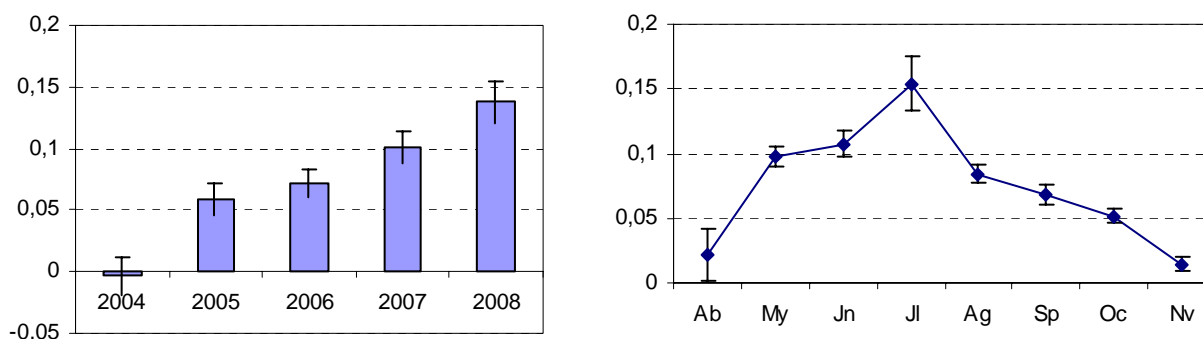


Figura 3 Valor estimado y error de estimación del crecimiento en circunferencia del alcornoque (décimas de mm día⁻¹) en los distintos años de estudio (izquierda) y para los distintos meses del periodo vegetativo (derecha)

La existencia de interacciones tratamiento x año y tratamiento x mes refleja la existencia de una modificación en el patrón temporal de crecimiento producida por la clara. En la Figura 4 se indica la estimación de crecimiento por año para cada tratamiento. La realización de la clara ha motivado una reactivación del crecimiento, con clara tendencia ascendente, que hace que en el 2008 el crecimiento ya sea significativamente superior en los pies liberados de la cubierta de pinar frente a los que permanecen bajo copa. En los pies bajo cubierta no existen diferencias significativas en el crecimiento entre años, aunque la línea es ligeramente ascendente.

En la Figura 4 (derecha) se indica la estimación del crecimiento por meses y tratamiento. Las diferencias fundamentales en crecimiento se dan en los meses de mayo, junio, agosto y septiembre. El mes de julio muestra una mayor variabilidad (ver estimación del componente de la varianza de Julio, Tabla 2) y tampoco hay diferencias significativas al comienzo y final del periodo vegetativo, aunque se aprecie una tendencia a un comienzo más temprano del periodo vegetativo en zonas no aclaradas.

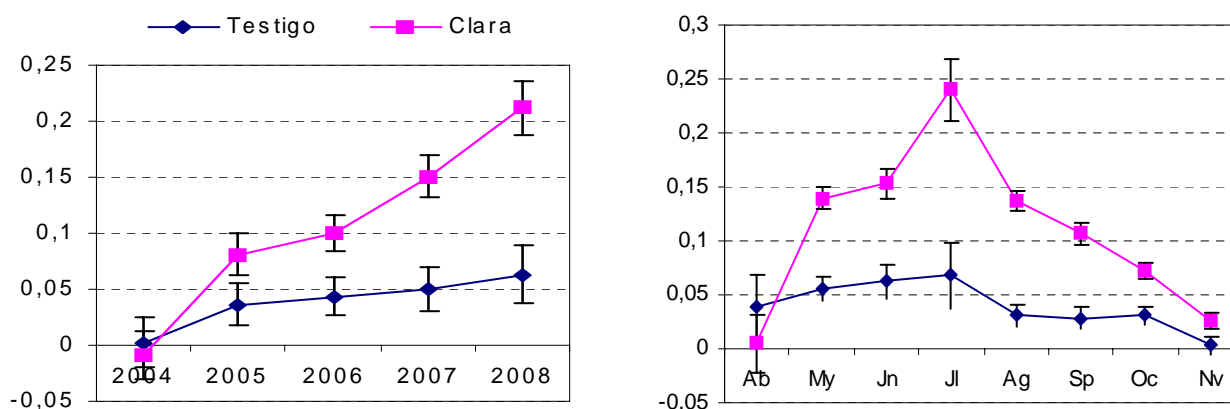


Figura 4 Valor estimado y error de estimación del crecimiento en circunferencia del alcornoque (décimas de mm día⁻¹) en la zona aclarada y no aclarada en los distintos años de estudio (izquierda) y para los distintos meses del periodo vegetativo (derecha)

Aparte de los resultados contrastados estadísticamente, pasados 4 años desde la ejecución de la clara, los efectos del tratamiento sobre el desarrollo de la copa son evidentes. Se aprecia un aumento apreciable del desarrollo de copa y la producción de bellota en algunos ejemplares, aunque todavía no se ha constatado la producción abundante de la misma.

4.3. Evolución del crecimiento medido con dendrómetros electrónicos

En la Figura 5 se indica la evolución del crecimiento durante el periodo de estudio de 4 individuos en el área de estudio, 3 de ellos situados en el área aclarada (Bo1, Bo2 y Bo6) y uno situado en zona no aclarada (Bo4). Todos ellos presentan una fenología de crecimiento diametral similar: parada vegetativa invernal que se prolonga desde principios de octubre hasta principios de mayo y una fase de crecimiento que transcurre desde principios de mayo hasta octubre. Sin embargo, debido a la realización de la clara, la intensidad del crecimiento difiere notablemente entre individuos. Los individuos 1 y 2 han respondido a la clara de forma muy satisfactoria presentando un crecimiento corriente notable. Por el contrario, el árbol 6, situado igualmente en la zona aclarada ha tenido una reacción similar a los anteriores en el año 2004, inmediatamente tras la realización de la clara, pero posteriormente no ha sido capaz de incrementar su crecimiento en periodos vegetativos posteriores, siendo su crecimiento muy similar al del árbol 4, que está situado bajo la cubierta de pinar.

El análisis realizado con los dendrómetros de banda estimaba valores muy bajos de crecimiento para el año 2004 tras la realización de la clara (ver Figura 2). Los datos aportados por los dendrómetros electrónicos permite afirmar que la reacción a la clara sí que se produjo ya en 2004 y que los valores tan bajos de crecimiento estimado se deberán al ajuste de las bandas dendrométricas.

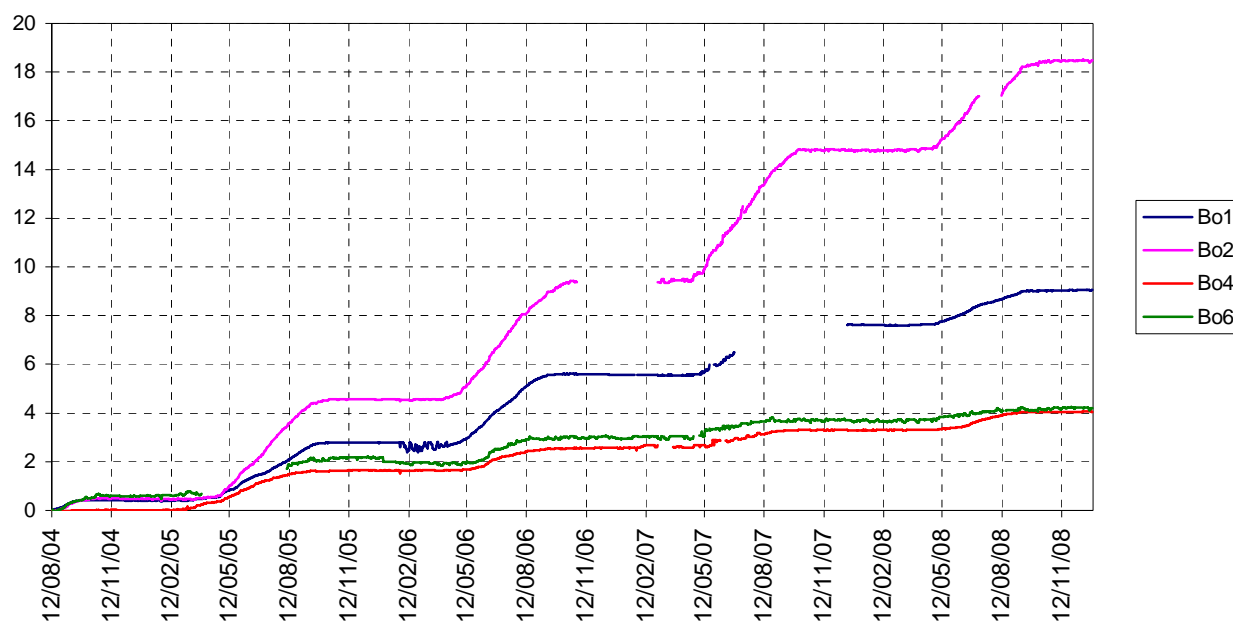


Figura 5. Evolución del crecimiento (mm) en cuatro pies de la zona de estudio dotados de dendrómetros electrónicos. Los ejemplares Bo1, Bo2 y Bo6 se encuentran en zona aclarada y el Bo4 en zona no aclarada

5. Discusión

En este estudio se ha constatado que la realización de la clara ha tenido un efecto notable sobre el crecimiento del alcornoque, estimándose un crecimiento en los individuos que se desarrollan en la zona aclarada que prácticamente triplica el de la zona no aclarada.

La eliminación de la competencia, fundamentalmente por la luz en este caso, aunque también por el agua y nutrientes del suelo, ha posibilitado el acceso a nuevos recursos y la mayoría de los individuos ha podido desarrollar una mayor copa que le ha permitido emplear parte de esos nuevos recursos al crecimiento, muy limitado en la zona no aclarada. Pese a ello, el análisis revela que las dimensiones del individuo, expresada a través de la circunferencia normal, han influido en la respuesta a la reducción de la competencia que aquellos individuos que tenían mayores dimensiones han tenido una mejor respuesta. Parece lógico que los individuos que ya habían desarrollado un cierto volumen de copa antes de que la cubierta de pinar redujera de forma muy importante la luz tengan una mejor capacidad de respuesta que aquellos que comenzaron a desarrollarse y tenían una copa rala cuando la luz disminuyó intensamente. De hecho, en el estudio se ha constatado la muerte de algunos ejemplares tras la realización de la clara, normalmente aquellos de pequeñas dimensiones que ya se encontraban en estado sanitario muy problemático antes de la realización de la actuación. El aumento de transpiración tras la realización de una clara, que ha sido observado por muchos autores (AUSSENAC & GRANIER, 1987; AUSSENAC et al. 1982; MORIKAWA et al., 1986) podría haber inducido un marcado estrés hídrico, que estos individuos no habrían podido superar.

El patrón de crecimiento analizado con dendrómetros electrónicos difiere muy notablemente del estudiado en otras zonas más térmicas de la península (VÁZQUEZ-PIQUÉ et al., 2008): el periodo de actividad cambial de la especie comienza dos meses más tarde que en zonas térmicas de la provincia de Huelva y continúa hasta principios de Octubre hasta que la reducción de temperatura se traduce en la detención del crecimiento. Debido a la sequía leve de la zona no se aprecia detención de la actividad en verano por falta de recursos hídricos como en el suroeste peninsular ni una reactivación del crecimiento o hidratación otoñal tras las primeras lluvias de la estación. La disminución del crecimiento en agosto con relación a julio puede ser debido probablemente a la disminución de temperatura más que a la escasez o limitación de agua disponible. El análisis detallado de los datos climáticos y edáficos que se está realizando en el área de estudio y el análisis de su influencia sobre los ciclos diarios de contracción y dilatación del tronco, que se están midiendo con los dendrómetros electrónicos, permitirá en el futuro arrojar más luz sobre las condiciones que producen el inicio y finalización del periodo vegetativo y cómo la dinámica del agua en el suelo afecta al crecimiento de la especie.

Se ha observado en este estudio también una clara interacción entre el tratamiento y el mes y ello ha permitido estimar las diferencias mensuales de crecimiento entre las zonas aclaradas y no aclaradas y conocer en qué meses esas diferencias son más acusadas. La realización de estudios de este tipo a nivel intraanual es muy importante si se quiere conocer a un mayor nivel de detalle cómo afectan los tratamientos selvícolas al crecimiento y ecología de las especies forestales. No se ha detectado en este estudio que la clara haya modificado de forma evidente el inicio o finalización del periodo vegetativo, pero sí es claro que afecta a la dinámica del agua y de la temperatura del suelo, parámetros que tienen una clara implicación en el crecimiento. En las zonas aclaradas del área de estudio la temperatura de suelo a 30 cm es 3°C superior en verano y 0,5°C inferior en invierno, existe una recarga más rápida de agua

y el agua permanece durante más tiempo que en zonas no aclaradas (SALGUERO et al., 2008). Este efecto de la clara sobre la mejora del contenido de agua en el suelo ha sido observado igualmente por AUSSENAC & GRANIER (1987), AUSSENAC et al. (1982) y BREDA et al. (1995).

En posteriores análisis se sustituirá el efecto categórico tratamiento por la competencia a la que está sometida cada individuo como covariable para intentar realizar un análisis más detallado y se analizará la influencia climática en el crecimiento mediante su incorporación al modelo de crecimiento mensual. La influencia climática y edáfica en el crecimiento se estudiará igualmente analizando su relación con los ciclos diarios de contracción, dilatación y crecimiento diario medido con los dendrómetros electrónicos.

6. Conclusiones

- La clara ha tenido un efecto muy favorable en el crecimiento del alcornoque, con valores estimados de crecimiento en la zona aclarada que triplican los de la no aclarada.
- Existe interacción entre el tratamiento y el mes. Las mayores diferencias en crecimiento entre los tratamientos se dan de mayo a septiembre.
- Existe interacción entre el tratamiento y el año. Las diferencias en crecimiento entre las zonas aclaradas y no aclaradas están aumentando desde que se realizó el tratamiento
- Los individuos de mayores dimensiones han respondido de forma más favorable a la reducción drástica de la competencia.
- El crecimiento del alcornoque en la zona se prolonga de principios de mayo a principios de octubre con valor máximo en julio.
- El análisis intraanual en el estudio del crecimiento permite una mayor sensibilidad en el análisis de la influencia de tratamientos o actuaciones selvícolas.

7. Agradecimientos

Los estudios realizados han sido financiados por el proyecto europeo QLK5-CT-2001_00701 “SUBERWOOD. Strategy and technology development for a Cork+wood forestry chain” y SUM2006-00026 (Plan Nacional de I+D, Sumideros Agroforestales de efecto invernadero, 2007-2010), así como por la Fundación Patrimonio Natural de Castilla y León. Agradecemos al Ayuntamiento de Bozoo su colaboración en el desarrollo de este estudio y a los Agentes de Medio Ambiente, Urbano, Sergio y Toño por la inestimable ayuda y colaboración en la realización de los inventarios y recogida de datos.

8. Bibliografía

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

AUSSENAC, G.; GRANIER, A.; 1987. Effect of thinning on water stress and growth in Douglas fir. Can. J. For. Res. 18, 100–105.

AUSSENAC, G.; GRANIER, A.; NAUD, R.; 1982. Influence d'une éclaircie sur la croissance et le bilan hydrique d'un jeune peuplement de Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). Can. J. For. Res. 12, 222–231.

BREDA, N.; GRANIER, A.; AUSSENAC, G.; 1995. Effects of thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). Tree-Physiology 15, 295–306.

MADOZ, P. ; 1849. Diccionario geográfico-histórico de España y sus posesiones en Ultramar. Madrid.

MORIKAWA, Y., HATTORI, S., KIYONO, Y., 1986. Transpiration of a 3-year-old *Chamaecyparis obtusa* Endl. stand before and after thinning. Tree Physiol. 2, 105–114.

SALGUERO, M.L.; ALLÚE, C.; GARCÍA-GUEMES, C.; TAPIAS, R.; GONZÁLEZ-PÉREZ, A.; VÁZQUEZ- PIQUÉ, J.; 2008. Effect of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* Arn. thinning on juvenile cork oak (*Quercus suber* L.) growth in Bozoo (Burgos, Spain). En: VÁZQUEZ- PIQUÉ, J.; PEREIRA, H.; GONZÁLEZ-PÉREZ, A. (eds.): Suberwood, New challenges for the integration of cork oak forest and products. 213- 222. Universidad de Huelva. Huelva.

VÁZQUEZ-PIQUÉ, J.; TORRES, E.; SUAREZ, M.A.; TAPIAS, R.; 2008. Influence of climate and soil conditions on cork oak diameter changes. An approach based on high resolution point dendrometers. En: VÁZQUEZ-PIQUÉ, J.; PEREIRA, H.; GONZÁLEZ-PÉREZ, A. (eds.): Suberwood: new challenges for the integration of cork oak forests and products. 123-136. Universidad de Huelva. Huelva.

WHITEHEAD, D.; JARVIS, P.G.; WARING, R.H.; 1984. Stomatal conductance, transpiration, and resistance to water uptake in a *Pinus sylvestris* spacing experiment. Can. J. For. Res. 14, 692–700.

