

ESTUDIO DENDROECOLÓGICO DE *PINUS NIGRA* EN CHECA (GUADALAJARA)

MAR GÉNOVA* Y DANIEL MARTÍNEZ-MORILLAS*

RESUMEN

Se expone un estudio dendroecológico de siete rodales naturales de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* localizados en el monte denominado "Dehesa Espineda" (Checa, provincia de Guadalajara). Se estudian los patrones de crecimiento de los ejemplares más longevos y se relacionan con los cambios de uso del territorio a lo largo de los últimos 300 años. Se analiza el efecto de las variables meteorológicas en el crecimiento y se destacan las diferencias entre las poblaciones asentadas sobre diversos sustratos. Se remarcan los años característicos negativos y su relación con la escasez de precipitaciones estivales.

Palabras clave: Dendroecología, *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*, Checa, España.

SUMMARY

Pinus nigra dendroecological study in Checa (Guadalajara).

The dendroecological study of seven natural stands of *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* located on the woodland named "Dehesa Espineda" (Checa, Guadalajara province) is explained here. The growth pattern of the more aged trees are related with the changes in the use of land along the last three hundred years. The effect of climatic variables on growth is analysed and we point out the differences among populations settled down on diverse soils. The negative pointer years and their relation with scarce summer precipitations are also remarked.

Key words: Dendroecology, *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*, Checa, Spain

INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de los estudios dendrocronológicos en España el pino negral o salgareño (*Pinus nigra* Arnold subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco) ha sido uno de las taxones de mayor interés para los investigadores, entre otras

razones por su proverbial longevidad. En la entrada de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid se exhibe una gran rodaja de un pino salgareño procedente de la Sierra de Cazorla de casi 600 años, que constituye el primer trabajo español conocido de conteo y

*U.D. Botánica. E.U.I.T. Forestales. Universidad Politécnica de Madrid. 28040 Madrid.
e-mail: genova@forestales.upm.es

Recibido: 23.04.2002
Aceptado: 18.07.2002

datación simple de anillos de crecimiento. A partir de la datación del anillo más externo por el año en que fue apeado, D. Antonio Nicolás señaló en esta pieza determinados anillos que se produjeron en las fechas de ciertos acontecimientos históricos relevantes. Posteriormente otros trabajos estrictamente dendrocronológicos han sincronizado y datado numerosas series de crecimiento procedentes de árboles vivos de esta región y se ha estimado una edad superior a los 1000 años para algunos individuos que habitan en el Pico Cabañas (CREUS 1998). Otras áreas estudiadas, donde se han localizado pinos salgareños de elevada longevidad, que en algunos casos superan los 600 años, han sido el Sistema Ibérico meridional, el Sistema Central y otras sierras béticas (RICHTER 1988, GÉNOVA *et al.* 1993, CREUS *et al.* 1997). Estos trabajos han mostrado una elevada sincronización de las series de crecimiento, incluso entre las procedentes de poblaciones alejadas y, además, una intensa relación del crecimiento con determinadas variables climáticas que recientemente se ha analizado en detalle para el centro de España (GÉNOVA & FERNÁNDEZ-CANCIO 1998-1999). Ello ha permitido, que la información dendroclimática, procedente de las dilatadas cronologías elaboradas con este interesante pino submediterráneo, tenga un papel muy relevante en las reconstrucciones climáticas regionales realizadas por métodos clásicos (RICHTER & ECKSTEIN 1990, GÉNOVA 1994, FERNÁNDEZ *et al.* 1996) y en las reconstrucciones del clima del milenio realizadas en el área peninsular (FERNÁNDEZ & MANRIQUE 1997, CANDELA *et al.* 2001).

En el presente trabajo se analizan las series de crecimiento y las cronologías elaboradas a partir de poblaciones naturales de *Pinus nigra* en la provincia de Guadalajara, cuyo interés radica en su persistencia desde hace más de 300 años en una región intensamente explotada y en que se asientan sobre diferentes sustratos bajo unas mismas condiciones climáticas (MARTÍNEZ 2000, GÉNOVA & MARTÍNEZ 2001). Además, en las proximidades del área de estudio y a similar altitud se localizan varias estaciones

meteorológicas que aportan datos muy representativos de las condiciones climáticas reales que afectan a estos pinares y de su evolución en el tiempo, lo cual posibilita un estudio específico y detallado del microclima de la zona. Este hecho afortunado resulta poco frecuente, pues la mayor parte de los pinares longevos se encuentran alejados geográfica y altitudinalmente de los puntos de registro meteorológico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Características de la localidad y estaciones de muestreo

El monte donde se ha realizado este estudio se denomina "Dehesa Espineda", pertenece al Partido Judicial de Molina de Aragón y se localiza en el Término Municipal de Checa, entre los puntos de latitud 40° 35' y 40° 37' y longitud 1° 45' y 1° 47' (fig. 1). Está incluido en el Catálogo de Montes de Utilidad Pública de la Provincia de Guadalajara con el nº 133 y, en la actualidad, se encuentra protegido al incluirse en el Parque Natural del Alto Tajo. Forma parte de una subcuenca del río Cabrillas, surcada por numerosos cursos de agua discontinuos y abundantes fuentes, oscilando el rango altitudinal desde 1350 m en la Tejera Vieja hasta las cumbres de la Peña Blanca con 1634 m. Según el último inventario forestal realizado en 1992, la superficie del monte es aproximadamente de 670 ha, de las que más del 95% están arboladas y, entre éstas, un 14% corresponden a masas de *Pinus nigra*.

Uno de los objetivos de este trabajo ha sido el análisis comparado del crecimiento de este taxon sobre los diferentes sustratos que afloran en el área, la cual abarca determinadas porciones septentrionales de la Sierra de Albarracín (en la confluencia de las provincias de Guadalajara y Teruel) donde, por erosión, se han perdido en parte los materiales carbonatados del Mesozoico (que dominan en el resto del Sistema Ibérico) quedando al descubierto las cuarcitas y pizarras paleozoicas (CASTEL 1881, MARTÍNEZ 1991). Esta diversidad de sustratos se puede agrupar en cuatro unidades:

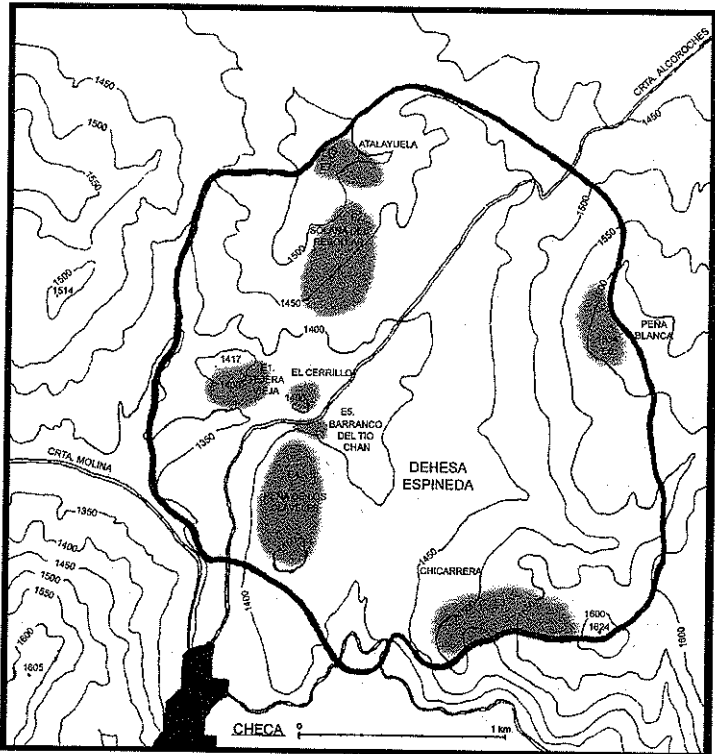
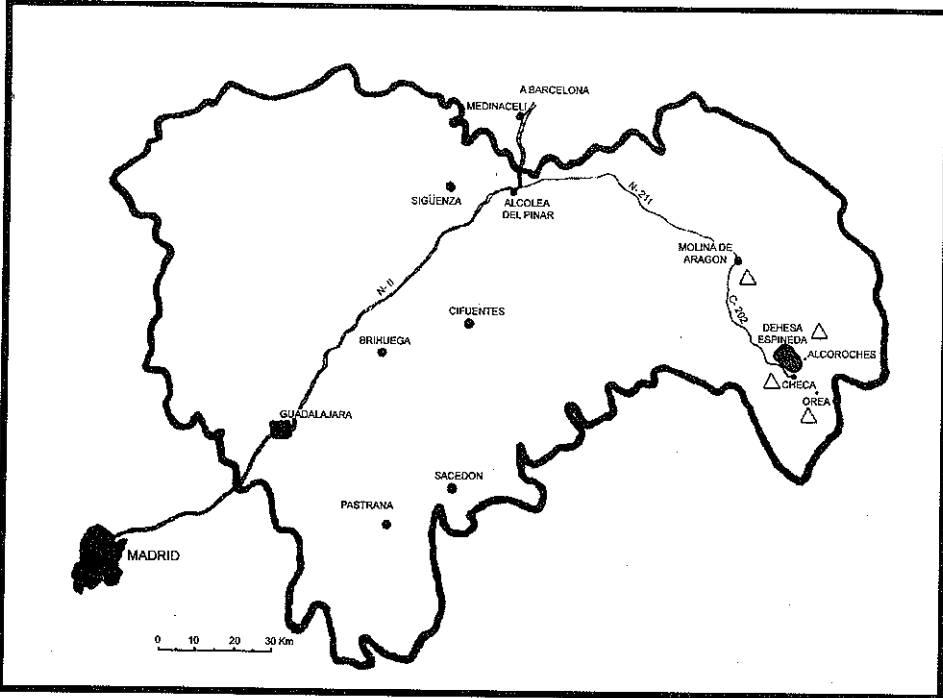


Figura 1 - Localización de la "Dehesa Espineda", de los rodales muestreados y de las estaciones meteorológicas.
Figure 1 - Location of "Dehesa Espineda", the sampling stands and the meteorological stations.

1. Pizarras con intercalaciones de areniscas y esquistos. Se descomponen fácilmente, ya que presentan un grado de metamorfismo muy bajo, no forman una roca consistente y se desploman por su propio peso en muchos casos, formando canchales cuasiestériles en las pendientes más pronunciadas, aunque pueden llegar a formar buen suelo forestal en zonas más llanas, en cualquier caso poco apto para la agricultura. Es la unidad más extensa de La Espineda, reconociéndose en todo el fondo de valle y en la mayor parte de las laderas.

2. Cuarцитas. Se presentan fundamentalmente en las cumbres, como dorsales de plegamientos anticlinales donde ha sido erosionado el material pizarroso menos consistente que lo cubría. Estas cuarcitas resultan de difícil descomposición, ya que sólo se fragmentan por gelificación, apareciendo generalmente en forma de grandes bloques que suelen estar acompañados de pronunciados cortados. Apenas forman suelo y sólo se recubren con detritus de la descomposición de las pizarras, quedando las cumbres característicamente al desnudo.

3. Coluviones cuarcíticos cuaternarios. Formados por depósitos desprendidos de las cuarcitas culminares descritas antes y que se mezclan en ladera con la serie pizarrosa. Están compuestos por grandes bloques poco rodados y de más de un metro de diámetro, además de areniscas y pizarras.

4. Conglomerados, arcillas rojas, areniscas y dolomías triásicas. Se localizan en el cuadrante noroccidental del monte, zona que presenta la mayor complejidad geológica, ya que en ella confluyen de forma discontinua los depósitos paleozoicos y mesozoicos. En el Alto de la Atalayuela se localizan dolomías blanco-grisáceas en bloque, mientras que según se desciende por su falda son sustituidas por cantos cuarcíticos redondeados de unos 10 cm de diámetro, que se intercalan con lechos arcillosos carbonatados, margas o areniscas silíceas. Finalmente, los niveles inferiores presentan una disminución progresiva de carbonatos, hasta mezclarse con la serie pizarrosa que los

sustituye completamente en el fondo de valle. Tras un exhaustivo rastreo de campo se seleccionaron siete estaciones de muestreo que presentaban rodales longevos de *Pinus nigra* asentados sobre los diferentes tipos de sustrato presentes en la zona. El muestreo se realizó durante el invierno de 1998 y la primavera de 1999 y se extrajeron con barrena de Pressler un total de 156 testigos procedentes de 78 ejemplares.

Sobre pizarras y en ladera los dos rodales muestreados se diferencian fundamentalmente por la estructura del suelo, la pendiente y el uso actual. En la Tejera Vieja (estación 1) se desarrolla un pinar poco denso sobre una ladera de sustrato inconsistente y en elevada pendiente, donde se han localizado los ejemplares más longevos. La Solana del Rebollar (estación 2) mantiene una masa gestionada actualmente para regeneración natural, constituida por árboles padre con una densidad aproximada de 35 pies/ha, que se sitúa en una ladera de escasa pendiente y suelos más desarrollados y profundos que en el caso anterior. Sobre cuarcitas, dos rodales de pinar muestreados (estaciones 3 y 4) se asientan en pequeñas altiplanicies constituidas por afloramientos rocosos angulosos que se descomponen lentamente, por lo que apenas forman suelo, y otros dos (estaciones 5 y 6) en canchales, derrubios o coluviones procedentes de la descomposición de las cuarcitas, que forman laderas de elevada pendiente y con suelo algo más profundo que en los casos anteriores. Finalmente, el Alto de la Atalayuela (estación 7) es la única zona donde afloran dolomías, y constituye una pequeña elevación de cierta pendiente y de suelos descarnados.

Registros meteorológicos

Las series meteorológicas utilizadas proceden, básicamente, del registro de la estación de Orea, situada a 1485 m de altitud y a 9 km de Checa y con datos del periodo 1961-1989. Dicho registro se ha podido completar y alargar en el tiempo para el periodo 1951-1998, mediante los análisis de regresión con otras estaciones próximas que realiza el programa Complet (FERNÁNDEZ & MANRIQUE 2001). Entre éstas caben destacar las estaciones de

Orihuela del Tremedal (situada a 1450 m, a 20 km de Checa y con datos del periodo 1990-1998), Alustante (1404 m, a 12 km y con datos muy incompletos del periodo 1949-1960) y Molina de Aragón (1063 m, a 42 km de distancia y con datos bastante completos del periodo 1954-1998).

En la serie ampliada de Orea la temperatura media anual se sitúa en 7.5°, con un máximo en 1995 de 8.5° y un mínimo en 1956 de 6.3°. Los meses más cálidos son julio y agosto, lo cual coincide con el periodo de mínimas precipitaciones y confiere al clima de la zona un carácter típicamente mediterráneo. La aridez (entendida como el número de meses en que la curva de precipitaciones es inferior a la de temperaturas en el climodiagrama) no es excesivamente elevada y la media se sitúa próxima a 1.5, aunque algunos años ha superado los 3 meses como en 1954, 1968, 1978 y en tres años seguidos de la década de los 80 (1983, 1984 y 1985). Los meses más fríos y con heladas seguras son los invernales y de finales del otoño, aunque heladas probables pueden suceder a lo largo de casi todo el año, menos frecuentes en verano. Esta circunstancia, junto con la oscilación térmica anual detectada, que como término medio se aproxima a 50° (con un máximo en 1986 de 60°) aporta un claro componente de continentalidad al clima. Las precipitaciones medias anuales se sitúan en torno a 650 mm (con un mínimo en 1983 de 350 mm y un máximo de 968 mm en 1960), con máximos mensuales en abril-junio y mínimos en julio-agosto, incrementándose de nuevo en otoño. La precipitación estival (julio-agosto) es muy variable oscilando desde mínimos próximos a los 10 mm (como en 1962, 1966 ó 1984) hasta próximos a 130 mm (como en 1961, 1976, 1972 o 1952) y aparece asociada a fenómenos tormentosos, donde uno o dos aguaceros pueden suponer la totalidad de la precipitación en este periodo. En la figura 2 se presenta el climodiagrama elaborado con el programa Wclimoal (SARMIENTO & MARRIQUE 1998) y los principales datos e índices que caracterizan esta serie meteorológica según el método de ALLUÉ (1990).

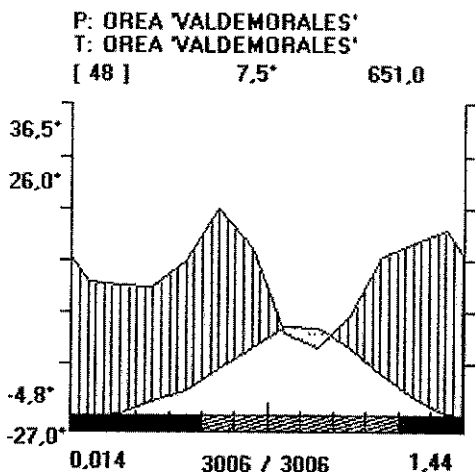


Figura 2 - Climodiagrama compendio del registro meteorológico ampliado de Orea.

K (cociente entre el área del gráfico donde el doble de la temperatura es superior a la precipitación y en el que es inferior) = 0,014, A (intervalo de tiempo en que la curva de temperatura sobrepasa a la de precipitación) = 1,44, P (precipitación anual) = 651, PE (precipitación mensual estival mínima) = 26,3, HS (periodo de heladas seguras) = 6, TMF (temperatura media mensual menor) = -0,1, T (temperatura media anual) = 7,5, TMC (temperatura media mensual mayor) = 17,1, TMMF (temperatura media de las mínimas menor) = -4,8, F (temperatura mínima absoluta) = -27, OSC (oscilación térmica media anual) = 12,7, TMMC (temperatura media de las máximas mayor) = 26, C (temperatura máxima absoluta) = 36,5, HP (periodo de heladas probables) = 6.

Subtipo fitoclimático VI(IV)1 (nemoromediterráneo genuino).

Figure 2 - Compendium Climodiagram of the enlarged meteorological record of Orea.

Métodos dendrocronológicos y dendroclimáticos

Para la medición de los anillos de crecimiento se ha utilizado el medidor semiautomático de Aniol y, para el análisis de las series temporales obtenidas y elaboración de cronologías medias, el programa Catras (ANIOL & SCHLESWIG 1991) y el paquete estadístico ITRDB (GRISSINO-MAYER 1997). Se ha seguido la metodología clásica de análisis y elaboración de cronologías (COOK & KAIRIUKSTIS 1990), tras un riguroso proceso de sincronización, datación y estandarización de las series individuales de anillos de crecimiento. Para los objetivos de este estudio se han elaborado cronologías

medias parciales por estación y por sustrato y la cronología media del área estudiada.

Las relaciones crecimiento-clima pueden analizarse de manera integrada a través de la función respuesta, que aplica complejos modelos de análisis multivariable en componentes principales y estudia la calibración y verificación conjuntamente a través del procedimiento denominado "boot-strap" (GUIOT 1990, FRITTS *et al.* 1991). Mediante la última versión del programa Precon (FRITTS 1999) que aplica estas técnicas, se han analizado las versiones residuales de las cronologías en relación con algunas variables meteorológicas mensuales de la serie ampliada de Orea.

Además, se han estudiado los años característicos y periodos de escaso crecimiento empleando la metodología descrita en GÉNOVA (2000), para que los resultados puedan ser comparables con los obtenidos en el Sistema Central español.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Longevidad y tendencias del crecimiento

El mayor número de ejemplares longevos se ha localizado en zonas de sustrato ácido, especialmente sobre pizarras, donde se ha constatado la presencia de varios ejemplares de más de trescientos años. En las series de crecimiento sincronizadas de estos viejos árboles se reconocen notables cambios en los crecimientos medios y en la variabilidad de media frecuencia a lo largo del tiempo, que no se corresponden con la tendencia habitual de descenso del crecimiento en relación con la edad (fig. 3). A lo largo del siglo XVIII el crecimiento medio es inferior a la media total de la serie (0.62 mm frente a 0.77 mm), aunque al inicio de las décadas de los 70 y de los 90 se producen modificaciones de la tendencia, que en el primer caso dura escasamente un quinquenio. Por el contrario, a partir de la última década del siglo se mantiene el incremento del crecimiento y durante el siglo XIX es significativamente superior a la media (0.94 mm), especialmente

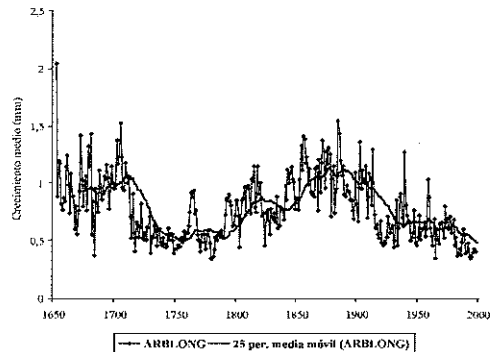


Figura 3 - Serie temporal media del crecimiento de los árboles más longevos (ARBLONG) y media móvil de 25 años.

Figure 3 - Average growth series from more aged trees (ARBLONG) and 25 years moving average.

en su segunda mitad. Finalmente, a partir de la primera quincena del siglo XX, de nuevo se invierte la tendencia y los crecimientos vuelven a ser inferiores a la media (0.64 mm).

En los rodales asentados sobre cuarcitas, canchales y derrubios sólo se han localizado tres ejemplares que superen los 200 años, la mayoría de los individuos muestreados germinaron en la primera mitad del siglo XIX y los patrones de crecimiento son coincidentes con los anteriores a partir de este periodo.

En GÉNOVA & MARTÍNEZ (2001) ya se apuntaba una posible interpretación histórica basada en cambios del uso del territorio para estas modificaciones seculares del crecimiento. El siglo XVIII constituye una época de recesión económica, marcada en este área de uso silvopastoral por el declive de la Mesta. Los pinos crecieron lentamente en espesura y desarrollaron fustes muy esbeltos, como los que todavía hoy mantienen los supervivientes muestreados, por ejemplo, en la Solana del Rebollar. Sin embargo, a partir de la segunda mitad del siglo XVIII, el favor Real que permite que los pueblos del Señorío de Molina se apropien de las dehesas comunales para paliar las calamidades sufridas tras las desastrosas guerras de

Cataluña y la posterior de Sucesión, transforma radicalmente la situación, "...por si solos, si les pareciese y sin otra licencia judicial alguna, tomen la dicha posesión en fuerza de esta escritura, entren y se apoderen de los enunciados términos y todo lo incluido en ellos, aprovechándose como más bien les pareciera, como legítimos y verdaderos dueños..." (sentencia de Felipe V, 1.741, cit. en PÉREZ 1983). Esta situación se continúa en la primera mitad del siglo XIX. En 1811 las Cortes de Cádiz ceden la propiedad de los montes comunales a la Diputación de Guadalajara y se permite que en las dehesas del Común del Señorío (como era entonces "La Espineda") se introduzca el ganado y se talen y roturen los montes para hacer frente a las deudas originadas tras los desastres sufridos en la Guerra de Independencia. A pesar de ello, MADDOZ (1845-1850) presenta una detallada descripción de Checa en la que aparecen los siguientes comentarios "...la llamada Espineda al N., de 4 horas de circunferencia, poblada de robustos y hermosos pinos, algunos de hasta 70 y más pies de elevación, excelentes pastos para ganado vacuno y yeguar, muchos frutales silvestres,...." que aún hoy podrían hacerse. La aparición del Cuerpo de Ingenieros de Montes en 1854 y su decisiva influencia en la conservación de importantes masas forestales del Señorío determinó que durante la desamortización se enajenaran solo parte de sus tierras y que otras fueran catalogadas (PÉREZ 1983). Tal fue el caso de "La Espineda" que fue catalogada y devuelta su propiedad a La Comunidad, como consta en el Catálogo de Montes Públicos exceptuados de

Desamortización de 1862, evitándose así su desaparición a la vista de los acontecimientos anteriores.

En los comienzos del siglo XX se detecta una nueva variación general de los patrones de crecimiento, caracterizada por una sensible disminución de los incrementos anuales y un aumento de la variabilidad, más patente en las localidades de sustrato cuarcítico. Entre otros factores, la edad de los individuos muestreados, la regulación de la explotación de la dehesa a partir de la aprobación del actual Proyecto de Ordenación (1953) y las oscilaciones climáticas características de este siglo (ver siguientes apartados), intervienen de manera más o menos intensa en la actual tendencia del crecimiento de los individuos analizados.

Conviene destacar que la población asentada en la única zona del monte donde afloran sustratos alcalinos de carácter dolomítico presenta un crecimiento medio menor y mantiene una tendencia decreciente uniforme a causa de la edad (GÉNOVA & MARTÍNEZ 2001). Es posible que, en este caso, el escaso interés económico de este rodal permitiese su desarrollo sin excesivas intervenciones de origen antrópico.

Cronologías y Función Respuesta

Se han elaborado siete cronologías correspondientes a las estaciones muestradas en La Espineda, las medias para cada tipo de sustrato y la cronología media del área estudiada (tab. 1 y fig. 4). La cronología media de Checa sincroniza adecuadamente con las cronologías

EST.	ALTTUD	PEND.	OR.	SUST. / SUELO	Ns	PERIODO
1	1370	60%	S	Pizarras / Roca madre	20	1653-1998
2	1410-1520	20%	SE	Pizarras / Profundo y pesado	20	1681-1998
3	1550-1610	25%	NW	Cuarcitas / Poco profundo	20	1779-1998
4	1400-1440	<10%	--	Cuarcitas / Litosuelo	25	1778-1998
5	1420	20%	N	Coluviones / Pedregoso	14	1794-1998
6	1500-1550	30%	W	Coluviones / Pedregoso	18	1712-1998
7	1500-1550	40%	E/SE	Dolomías / Poco profundo	18	1748-1998

Tabla 1. - Características de las estaciones de muestreo y de las cronologías locales.

Est.: nº estación de muestreo, Pend.: pendiente, Or.: orientación, Ns: nº series sincronizadas.

Table 1. - Characteristics of sampling sites and local chronologies.

Est.: nº sampling site, Pend.: slope, Or.: aspect, Ns: nº synchronized series.

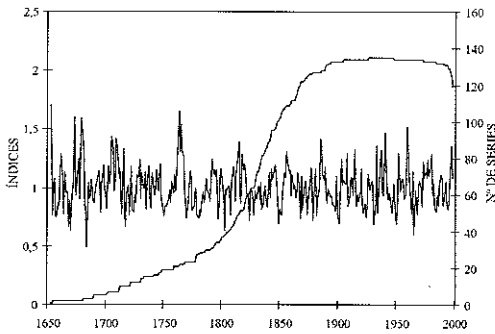


Figura 4 - Cronología media de Checa y nº de series de crecimiento sincronizadas en cada año.

Figure 4 - Average chronology of Checa and nº of synchronized tree-ring series each year.

regionales de *Pinus nigra* del Sistema Central y de la Serranía de Cuenca (GÉNOVA & FERNÁNDEZ-CANCIO 1998-1999) según se observa en los datos de correlación por periodos (tab. 2) al aplicar el programa Cofecha (incluido en ITRDB).

Se ha estudiado la relación entre crecimiento y clima, utilizando tanto las funciones respuesta (con veintiocho variables mensuales de precipitación y temperatura media, desde Agosto del año anterior a Septiembre del año de crecimiento) de las cronologías locales, de las cronologías medias para cada tipo de sustrato y de la cronología media del área estudiada, representándose en la fig. 5 las referentes a los dos últimos casos. Se detecta en general una mayor influencia de la precipitación (con signo positivo) en la variabilidad del crecimiento, frente a la incidencia de la temperatura. Resulta especialmente destacable la relación positiva que se establece con la precipitación en el transcurso del periodo vegetativo del año de crecimiento

(desde Marzo hasta Agosto), con valores más significativos para los meses de Junio y Julio. Otros factores que actúan con menor incidencia global son la precipitación y la temperatura en Septiembre del año anterior (cuyo signo se invierte en este mismo mes del año de crecimiento) y tanto la precipitación como la temperatura del mes de Diciembre. Por tanto, en estos pinares sometidos a un clima mediterráneo-continental de media montaña, son las precipitaciones en primavera y las tormentas estivales las variables climáticas que más favorecen el incremento del crecimiento. Este también se ve favorecido por las precipitaciones elevadas y temperaturas suaves en el final del periodo vegetativo anterior, probablemente por el incremento de la producción de material de reserva. Lógicamente en el año de crecimiento se invierte el signo de la relación en este periodo, pues su efecto sobre el balance entre respiración/fotosíntesis no favorece la acumulación de material de reserva para el crecimiento del año siguiente (FRITTS 1976). Las precipitaciones de finales del otoño e invernales pueden actuar con signo positivo al incrementar la recarga hídrica del suelo.

Las funciones respuesta de las series desarrolladas en cuarcitas, coluviones y pizarras son muy similares, mientras que en dolomías la varianza del crecimiento explicada por el clima es menor. Aunque este resultado no posee significación estadística por razones obvias, dado que el número de árboles muestreados en dolomías es más reducido, coincide notablemente con los resultados obtenidos en GÉNOVA & FERNÁNDEZ-CANCIO (1998-1999). Estos autores analizan con este mismo método la relación entre crecimiento y clima en los pinares de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* del Sistema

CRON	1700	1725	1750	1775	1800	1825	1850	1875	1900	1925	1950
	1749	1774	1799	1824	1849	1874	1899	1924	1949	1974	1999
CUENCA	.42	.43	.61	.77	.72	.57	.61	.77	.89	.79	.68
CENTRAL	.35	.41	.59	.67	.55	.36	.54	.74	.80	.70	.53
CHECA	.30	.46	.48	.62	.55	.31	.54	.80	.83	.75	.67

Tabla 2. - Correlación por periodos entre las cronologías regionales de la Serranía de Cuenca, del Sistema Central y la cronología media de Checa, según el programa COFECHA.

Table 2. - Periodical correlation among Regional chronologies of Serranía de Cuenca, Sistema Central and Checa's average chronology, according to COFECHA program.

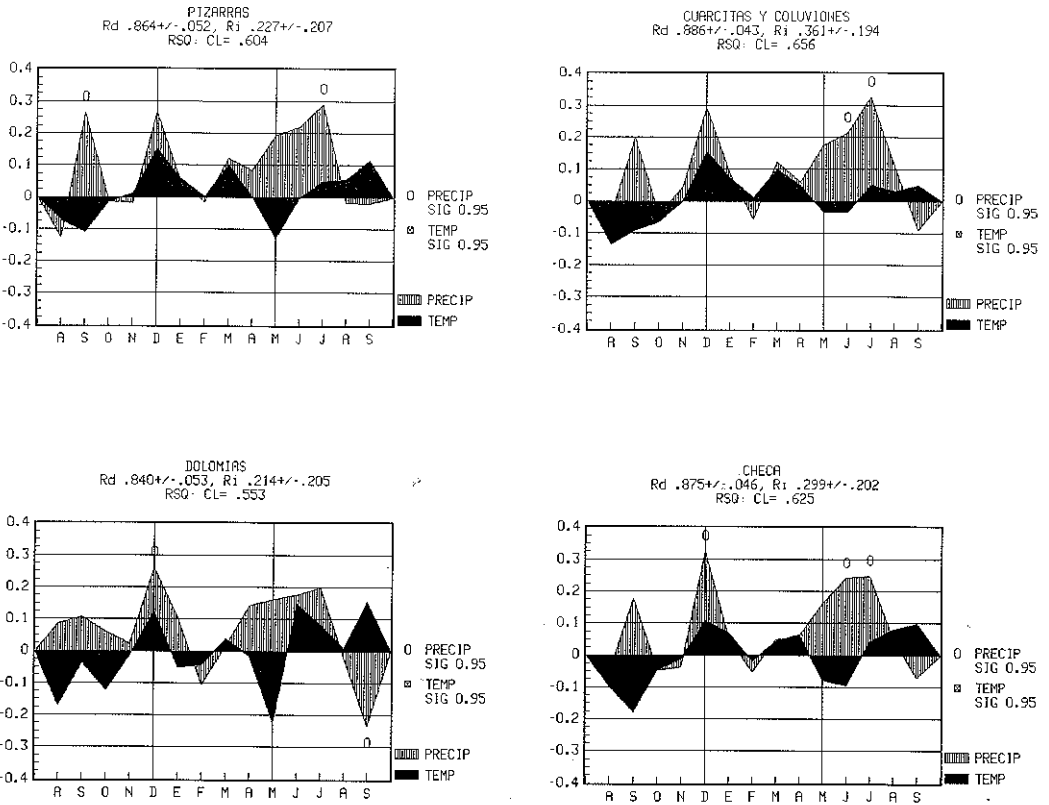


Figura 5 - Funciones respuesta de las cronologías medias por tipo de sustrato y de la cronología media de Checa.
 Figure 5 - Response functions of average substratum chronologies and of Checa average chronology.

Central y de la Serranía de Cuenca y plantean la hipótesis de que la precipitación durante el periodo vegetativo puede ser un factor cuya incidencia en el crecimiento del pino salgareño resulte más acusada y limitante en determinados tipos de sustratos frente a otros, lo cual sucede en Checa incluso bajo las mismas condiciones climáticas. Así en los pinares desarrollados en sustratos de carácter ácido (como los granitos del Sistema Central o las cuarcitas y pizarras de Checa), donde la presencia de *Pinus nigra* es meramente testimonial y relicta en la Península Ibérica (REGATO *et al.* 1991, REGATO *et al.* 1992), la variabilidad del crecimiento se encuentra más relacionada con la precipitación primaveral y estival, mientras que en calizas y dolomías el crecimiento se encuentra menos afectado por las oscilaciones pluviométricas.

Años característicos y periodos de escaso crecimiento

A partir de 1800 el número de cronologías y de series individuales es suficientemente representativo (fig. 4) para analizar los años y periodos característicos. Resultan destacables por un descenso brusco y notable del crecimiento o por los valores netamente inferiores a la media en los índices de las cronologías, los siguientes:

Siglo XIX: 1803*, 1808*, 1812*, 1816-1817, 1824*, 1828*, 1835, 1849*, 1868*, 1870*, 1874*, 1879*, 1882*, 1890.

Siglo XX: 1900*-1901*, 1909*, 1915, 1921-1922-1923-1924, 1931*, 1934*, 1938, 1941, 1949*-1950, 1953, 1962*-1963*, 1965, 1967-68, 1981*, 1983-1984, 1990, 1993.

Los años señalados con un asterisco presentan en la cronología media índices inferiores a la media en más de una desviación estándar y los subrayados son periodos característicos. En los 200 años analizados el año que presenta los menores índices de crecimiento es 1965 (remarcado en negrita) y en la cronología media su valor es inferior a la media en más de dos desviaciones estándar. Otros años que también se pueden resaltar por sus bajos índices son: 1803, 1849, 1900-1901, 1934, 1949 y 1962-1963.

Los años 1803, 1879, 1900-1901, 1909, 1921, 1924, 1934, 1941 y los correspondientes a la década de los 60 del siglo XX (1962-1963, 1965 y 1967-1968) coinciden con los registrados como registrados para el Sistema Central (GÉNOVA 2000). La concurrencia en ambas áreas geográficas de años y periodos característicos resulta elevada y próxima al 50% en este siglo. En parte, esto se debe a que los datos de crecimiento son más numerosos y fiables, pues un gran porcentaje de estos árboles ya han alcanzado una cierta estabilidad y las oscilaciones del crecimiento se encuentran más relacionadas con las variaciones climáticas. También se debe apuntar que resulta ya conocida la inestabilidad climática del siglo XX frente a los dos siglos anteriores que FONT TULLOT (1988) denomina como "crisis climática del siglo XX en España". Esta inestabilidad afecta al crecimiento de las leñosas, especialmente en los episodios más desfavorables y queda reflejada en una mayor sincronización entre series de crecimiento distantes (KIENAST *et al.* 1987, SCHWEINGRUBER 1990, SCHWEINGRUBER *et al.* 1990).

Intentar relacionar los años y periodos característicos con años climáticamente extremos no resulta sencillo, pues los datos que habitualmente se manejan son medias mensuales y, en muchas ocasiones, heladas o sequías extremas pero poco duraderas (e indetectables en los registros meteorológicos comúnmente utilizados) son las causantes de escasos crecimientos. En el estudio ya citado sobre años característicos del Sistema Central español (GÉNOVA *op. cit.*), se constata que la sincronía entre bajas temperaturas medias en Abril y escasez de

precipitaciones estivales explica buena parte de los crecimientos mínimos detectados. Sin embargo, tras el análisis detallado de los años extremos del registro ampliado de Orea, no se ha comprobado esa sincronía aunque sí la relación existente entre el crecimiento y la precipitación estival ($r = 0.54$), la cual fue muy escasa en la década de los sesenta y en la de los ochenta, hasta el primer quinquenio de los noventa (fig. 6).

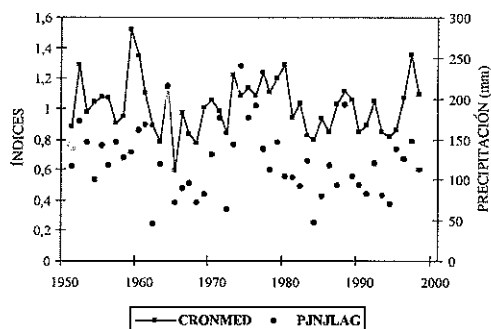


Figura 6 - Cronología media de crecimiento y precipitación estival (sumatorio de las precipitaciones mensuales de junio, julio y agosto), para el periodo 1951-1998.

Figure 6 - Average growth chronology and summer precipitation (adding monthly precipitations of June, July and August), for 1951-1998 time span.

CONCLUSIONES

En este trabajo se analizan series de crecimiento provenientes del muestreo realizado en las poblaciones de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* en el monte denominado "Dehesa Espineda" (provincia de Guadalajara), que han permitido constatar la presencia de ejemplares de más de trescientos años, especialmente en los parajes conocidos como Tejera Vieja y Solana del Rebollar.

Las variaciones más notables de los patrones de crecimiento de los ejemplares longevos se pueden relacionar con la intensidad de explotación. El siglo XVIII, donde los árboles presentan crecimientos mucho menores que los esperados según las tendencias habituales, se corresponde con un periodo de recesión econó-

mica y escasos aprovechamientos en La Dehesa y los pinares se desarrollaron lentamente en espesura. Por el contrario, el incremento general del crecimiento (significativamente superior a la media) en las últimas décadas del siglo y a lo largo del siglo XIX se relaciona con una mayor intensidad de explotación, provocada por la cesión indiscriminada de los terrenos comunales a su uso ganadero y agrícola que permitiera paliar los desastres de sucesivas guerras y la competencia se redujo para los árboles supervivientes. Finalmente, en el siglo XX se incrementa la variabilidad y descienden sensiblemente los valores del crecimiento, en parte a causa de la edad, pero también muy posiblemente en relación con una climatología menos favorable.

Según el análisis de función respuesta de las cronologías frente a veintiocho variables meteorológicas mensuales, son las precipitaciones en primavera y las tormentas estivales las que más favorecen el incremento del crecimiento, el cual también se ve favorecido por las precipitaciones elevadas y temperaturas suaves en el final de verano del año anterior.

En las dolomías de La Espineda, *Pinus nigra* presenta menores incrementos en valor absoluto y escasa variabilidad, posiblemente relacionada con una menor intervención humana en las áreas menos productivas. También en esta estación la incidencia del clima en la variabilidad del crecimiento es menos significativa, lo cual coincide con las diferencias destacadas en otras áreas geográficas sometidas a distintos climas y refuerza una interpretación de estas diferencias basada en las características del sustrato. Así, en los pinares desarrollados en sustratos de carácter ácido (como los granitos

del Sistema Central o las cuarcitas y pizarras de Checa), la escasez de precipitación primaveral y estival puede constituir un factor limitante para el crecimiento, mientras que en calizas y dolomías de la Serranía de Cuenca o de La Espineda, el crecimiento se encuentra menos afectado por las oscilaciones pluviométricas.

Tras el análisis de los años y periodos característicos de las series de crecimiento analizadas se han comprobado coincidencias con los registrados para el Sistema Central en los años 1803, 1879, 1900-1901, 1909, 1921, 1924, 1934, 1941 y los correspondientes a la década de los sesenta del siglo XX (1962-1963, 1965 y 1967-1968) y una cierta relación entre esos años y periodos característicos y la escasez de precipitaciones estivales.

Finalmente, se debe señalar, entre otros, el gran interés de estas poblaciones marginales y longevas de *Pinus nigra* como portadoras de información; su protección y conservación se justifica plenamente, aunque solo sea por su consideración de archivos históricos y ecológicos.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer de forma especial la ayuda desinteresada de D. Vicente García, agente Forestal de Checa y de la subdelegación de Agricultura y Medio Ambiente de Guadalajara. Asimismo también agradecemos otras imprescindibles ayudas y apoyos de Emilio Manrique, Moisés Bravo, José Esteban de las Heras y Juan Génova. El trabajo de campo fue subvencionado parcialmente por el Proyecto de Investigación FORMAT, CEE, n.º PL970736.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLUÉ, J. 1990. Atlas fitoclimático de España. Taxonomías. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 221 pp. Madrid.
- ANIOL, R. & SCHLESWIG, F. 1991. Programa Catras, versión 4.20.

- CANDELA, V., MANRIQUE, E., FERNÁNDEZ-CANCIO, A. & GÉNOVA, M. 2001. Análisis de la variabilidad climática de los últimos siglos en España a partir de reconstrucciones dendroclimáticas. Comparación con la situación actual. Cuadernos de la Sociedad española de Ciencias Forestales 12: 77-81
- CASTEL, C. 1881. Descripción Física, Geognóstica, Agrícola y Forestal de la Provincia de Guadalajara, 270 pp. Reedición de la Excma. Diputación de Guadalajara, 1998.
- COOK, E. & KAIRIUKSTIS, L. 1990. *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences*, 393 pp. Kluwer Academic Publishers.
- CREUS, J. 1998. A propósito de los árboles más viejos de la España peninsular: los *Pinus nigra* Arnold subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco de Puertollano-Cabañas, Sierra de Cazorla, Jaén. *Montes* 54: 68-76.
- CREUS, J., FERNÁNDEZ, A. & MANRIQUE, E. 1997. Dendrocronología y clima del último milenio en España. Aspectos metodológicos y avance de resultados. En: J. Ibañez *et al.* (eds.), *El paisaje mediterráneo a través del espacio y del tiempo. Implicaciones en la desertificación*, pp. 311-330.
- FERNÁNDEZ, A., GÉNOVA, M., CREUS, J. & GUTIÉRREZ, E. 1996. Dendroclimatological Investigation covering the Last 300 Years in Central Spain. En: J. Dean, D. Meko & T. Swetnam (eds.), *Tree Rings, Environment and Humanity, Radiocarbon*, pp. 181-190.
- FERNÁNDEZ, A. & MANRIQUE, E. 1997. Nueva metodología para la reconstrucción dendroclimática y aplicaciones más importantes, 127 pp. Madrid.
- FERNÁNDEZ, A. & MANRIQUE, E. 2001. Programa Complet.
- FONT TULLOT, I. 1988. *Historia del clima en España*. Instituto Nacional de Meteorología, 297 pp. Madrid.
- FRITTS, H. 1976. *Tree Rings and Climate*, 567 pp. Academic Press.
- FRITTS, H., VAGANOV, E., SVIDERSKAYA, I. & SHASHKIN, A. 1991. Climatic variation and tree-ring structure in conifers: empirical and mechanistic models of tree-ring width, number of cells, cell size, cell-wall thickness and wood density. *Climate Research* 1: 97-116.
- GÉNOVA, M. 1994. Dendroecología de *Pinus nigra* Arnold subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco y *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Central y en la Serranía de Cuenca (España). Tesis Doctoral (inéd.). Departamento de Biología. Universidad Autónoma de Madrid.
- GÉNOVA, M. 2000. Anillos de crecimiento y años característicos en el Sistema Central (España) durante los últimos cuatrocientos años. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (S.B.)* 96 (1-2): 33-42.
- GÉNOVA, M., FERNÁNDEZ, A. & CREUS, J. 1993. Diez series medias de anillos de crecimiento en los Sistemas Carpetano e Ibérico. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 2 (2): 151-172.
- GÉNOVA, M. & FERNÁNDEZ-CANCIO, A. 1998/1999. Tree rings and climate of *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* in Central Spain. *Dendrochronologia* 16-17: 75-86.
- GÉNOVA, M. & MARTÍNEZ, D. 2001. La dendrocronología como fuente de información de la dinámica forestal de *Pinus nigra* en Checa (Guadalajara). III Congreso Forestal Español (1 y 2): 142-149.
- GRISSINO-MAYER, H. (comp.) 1997. Paquete estadístico ITRDB, versión 2.1.
- GUIOT, J., 1990. Methods in calibration. En: E. Cook & L. Kairiukstis, *Methods of Dendrochronology. Applications of Environmental Sciences*. Kluwer Academic Publishers, pp. 165-177.
- KIENAST, F., SCHWEINGRUBER, F., BRÄKER, O. & SCHÄR, E. 1987. Tree-ring studies on conifers along ecological gradients and the potential of single-year analyses. *Canadian Journal of Forestry Research* 17: 683-696.
- MADOZ, P. 1845/1850. *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar*, tomo I, 485 pp. Edición facsímil, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Salamanca, 1987.
- MANRIQUE, E. & FERNÁNDEZ, A. 2000. Extreme climatic Events in dendroclimatic reconstructions from Spain. *Climatic Change* 44: 123-138.

- MARTÍNEZ, J. 1991. La Comarca de Molina de Aragón: Síntesis Geográfica, 187 pp. Excma. Diputación Provincial de Guadalajara.
- MARTÍNEZ, D. 2000. Estudio dendroecológico en el monte nº 133 del CMUP de la provincia de Guadalajara, denominado "Dehesa Espineda" en el término municipal de Checa, a partir de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco. Trabajo Fin de Carrera (inéd.). Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.
- PÉREZ, P. 1983. Síntesis histórica, política y socioeconómica del Señorío y Tierra de Molina, 231 pp. Comunidad del Real Señorío de Molina y Tierra y Excma. Diputación Provincial de Guadalajara.
- REGATO, P., ELENA, R. & SÁNCHEZ O. 1991. Estudio autoecológico comparativo de *Pinus nigra* Arn. subespecie *salzmannii* de la Península Ibérica y otras subespecies de la región circummediterránea. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales 0: 49-59.
- REGATO, P., GÉNOVA, M. & GÓMEZ, F. 1992. Las representaciones relictas de *Pinus nigra* Arnold en el Sistema Central Español. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (S.B.) 88 (1-4): 63-71.
- RICHTER, K. 1988. Dendrochronologische und Dendroklimatologische Untersuchungen an kieferrn (*Pinus sp.*) in Spanien, 298 pp. Diss. University of Hamburg.
- RICHTER, K. & ECKSTEIN, D. 1990. A proxy summer rainfall record for southeast Spain derived from living and historic pine trees. Dendrochronologia 8: 67-82.
- SARMIENTO, M. & MANRIQUE, E. 1998. Programa Wclimoal.
- SCHWEINGRUBER, F. 1990. Dendroecological Information in Pointer Years and Abrupt Growth Changes. En: E. Cook & L. Kairiukstis (eds.), *Methods of Dendrochronology: application in the environmental sciences*, pp. 277-284.
- SCHWEINGRUBER, F., ECKSTEIN, D., SERRE-BACHET, F. & BRÄKER, O. 1990. Identification, Presentation and Interpretation of Event Years and Pointer Years in Dendrochronology. Dendrochronologia 8: 9-38.