

## Crecimiento y longevidad en el pino canario (*Pinus canariensis* Smith.)\*

M. Génova<sup>1\*\*</sup> y C. Santana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> UD Botánica. EUIT Forestales. Universidad Politécnica de Madrid. 28040 Madrid. España

<sup>2</sup> El Museo Canario. Archivo General. C/ Dr. Verneau, 2. 35001 Las Palmas de Gran Canaria. España

---

### Resumen

En este trabajo se aportan los principales resultados obtenidos en el estudio dendrocronológico y dendroecológico de *Pinus canariensis* que, desde hace ya algunos años, estamos realizando en las islas Canarias. Se analiza la variabilidad en la formación de los anillos de crecimiento, principalmente a través de un extenso muestreo realizado en diferentes pinares de origen natural. Mediante distintas técnicas de sincronización, se determinan las numerosas disfunciones recurrentes en la actividad del cambium vascular que dan lugar a anillos de crecimiento total o parcialmente ausentes y se elaboran, cuando es posible, cronologías individuales y locales. Se analizan patrones y tendencias representativas del crecimiento y se estima la estructura de edades en poblaciones forestales con secuencias datadas. Asimismo se estima la edad dendrocronológica de determinados árboles monumentales a través de un procedimiento original.

**Palabras clave:** anillos de crecimiento, dendrocronología, *Pinus canariensis*, Islas Canarias, edad, árboles monumentales.

### Abstract

#### Growth and longevity in Canary pine (*Pinus canariensis* Smith.)

This paper exposes the major results we have obtained in the dendrochronological and dendroecological analysis of *Pinus canariensis* that we have been developing in the Canary Islands since several years ago. We analyse the variability in tree ring formation based on a wide sampling from several natural pine forests. Applying several synchronisation techniques, recurrent dysfunctions in cambial activity resulting in total or partial missing rings have been established, and, when possible, local and individual chronologies have been built. We also analyse representative growing patterns and trends and we estimate the age structure in forest populations where dated sequences have been available. Finally, we estimate the dendrochronological age of certain monument trees by a new original method.

**Key words:** tree rings, dendrochronology, *Pinus canariensis*, Canary Islands, tree age, monument trees.

---

### Introducción

El profesor Juan Ruiz de la Torre siempre ha tenido por las Islas Canarias un cariño muy especial. De hecho nos consta que en la última etapa de su docencia se ha interesado particularmente por impartir las clases referentes a la geobotánica canaria. Por otra parte, fue Presidente del Tribunal que juzgó la Tesis Doctoral de uno de los autores del presente trabajo (Génova, 1994), que versó sobre determinados aspectos dendroecológicos, de manera que nos ha parecido muy

conveniente y apropiado ofrecer como homenaje al profesor algunos de los resultados obtenidos en el estudio dendrocronológico y dendroecológico de *Pinus canariensis* que, desde hace ya algunos años, estamos realizando en las islas Canarias.

Nuestro trabajo se ha centrado en evaluar la variabilidad en la formación de los anillos de crecimiento del pino canario, a través de un extenso muestreo realizado en diferentes pinares de origen natural, eventualmente longevos, en numerosas localidades de las islas de La Palma, Tenerife, Gran Canaria y El Hierro (Santana, 1998 y 1999; Génova y Santana, 2003). Además de las muestras procedentes de este estudio sistemático, que pretende cubrir el espectro ambiental de *Pinus canariensis* en Canarias, también se han anali-

---

\* Trabajo en homenaje al Profesor D. Juan Ruiz de la Torre.

\*\* Autor para la correspondencia: mar.genova@upm.es

Recibido: 19-04-06; Aceptado: 19-07-06.

zadas muestras dendrocronológicas extraídas de determinados pinos singulares por sus dimensiones y/o significado histórico. De esta manera, actualmente ya se posee un elevado número de muestras extraídas de árboles en pie, mediante barrena de Pressler, procedentes de más de 200 ejemplares.

Con estas muestras se ha iniciado un arduo análisis dendrocronológico que pretende desentrañar la información secuencial que contienen los anillos de crecimiento de *Pinus canariensis*. La metodología dendrocronológica se basa, fundamentalmente, en la sincronización y datación de las series temporales obtenidas tras la medición precisa de los anillos de crecimiento, lo cual permite asegurar el año concreto en que fue formado cada anillo. Se trata de un laborioso, complejo y, en ocasiones, infructuoso proceso. La asincronía en las tendencias y oscilaciones del crecimiento, la formación de anillos múltiples (más de un anillo de crecimiento por año) en los ambientes o años más favorables, de falsos anillos (por ejemplo, como consecuencia de heladas o sequías repentinas durante el periodo de crecimiento), así como, por el contrario, la ausencia de anillos de crecimiento en periodos o circunstancias muy desfavorables, son las causas más comunes que impiden o dificultan la datación precisa (Fritts, 1976; Schweingruber, 1996; entre otros).

En el caso concreto del pino canario, la datación de las series de anillos de crecimiento resulta especialmente problemática, pues en esta especie se presentan, con extraordinaria frecuencia, sucesivas supresiones del crecimiento en grosor y la consecuente formación de numerosos anillos incompletos o lenticulares o, incluso, completamente ausentes (Santana, 1998 y 1999; Santana y Génova, 2003). Por esta razón sólo se ha podido datar con suficiente fiabilidad (hasta el momento) parte del amplio banco de datos de crecimiento de *Pinus canariensis*.

En las secuencias datadas (cronologías) se han analizado las tendencias y oscilaciones representativas, con los objetivos de aportar información acerca de la dinámica del crecimiento y de la longevidad en esta

especie y de proporcionar datos que faciliten nuevas dataciones. Finalmente se utiliza un modelo de crecimiento como base para estimar, con mayor o menor grado de fiabilidad, las edades de los pinos singulares seleccionados.

## Material

El presente estudio se ha basado en el tratamiento dendrocronológico de un conjunto de muestras obtenidas, por una parte, en muestreos sistemáticos realizados en localidades forestales y, por otra, de muestreos selectivos en ejemplares singulares del archipiélago Canario. Los resultados se han visto además enriquecidos con el estudio de un segmento de fuste procedente de un ejemplar de gran porte talado por el Servicio de Medio Ambiente del Cabildo Insular de Gran Canaria en 1998.

### Áreas de muestreo sistemático

La obtención sistemática de muestras se ha realizado en varias poblaciones naturales de *Pinus canariensis*, en las islas de Gran Canaria, Tenerife y La Palma (Tabla 1). El muestreo se ha diseñado en función del espectro más amplio posible de condiciones ambientales limitantes de la actividad de los meristemos secundarios: poblaciones de cumbre, sometidas a amplias oscilaciones hídricas y térmicas interanuales e interestacionales (Inagua-Ojeda-Pajonales y, muy especialmente, La Tabona); poblaciones en orientación N-NE, en condiciones térmicas más estables y desarrollándose en altitudes susceptibles de recibir los beneficios hídricos aportados por el mar de nubes característico de las islas Canarias de mayor altitud (cumbres de Garafía); y poblaciones de orientación sur, en condiciones generales de crecimiento bajo acusado estrés hídrico y moderada oscilación térmica interestacional (Cumbres sur de Tenerife). Un quinto

**Tabla 1.** Características de las áreas de muestreo dendrocronológico sistemático de *Pinus canariensis*

Localidad	Término municipal	Altitud (m)	Orientación	N.º árboles/n.º muestras
Inagua-Ojeda-Pajonales (Gran Canaria)	Aldea-Mogán-Tejeda	700/1.500	S-SW	21/36
La Tabona (Tenerife)	La Guancha	1.500/1.700	N	22/43
Cumbres sur (Tenerife)	Vilaflor	1.600/2.100	S	19/38
Cumbres de Garafía (La Palma)	Garafía	1.200/1.900	N-NE	38/60

muestreo, aún bajo análisis preliminar, se ha realizado en la isla de El Hierro, concebida como una única localidad dendrocronológica, donde los ejemplares de mayor edad han sido localizados en las vertientes SW y, especialmente SE, de la isla.

En todos los casos se ha seguido una serie de criterios morfológicos generales para la selección de los individuos a muestrear: se han buscado ejemplares con ramas concentradas en el tercio superior formando copa aparasolada, no necesariamente de gran porte y con corteza grisácea; aspectos externos indicativos, «a priori», de ejemplares añosos que pueden proporcionar mayor cantidad de información temporal sobre la variabilidad del crecimiento y su relación con las principales variables climáticas.

La localidad de Inagua-Ojeda-Pajonales se trata de una masa forestal continua de alrededor de 3.500 ha en la vertiente E-SE de la isla de Gran Canaria, repartidas entre los términos municipales de La Aldea de San Nicolás, Mogán y Tejeda, con límites altitudinales que oscilan entre los 700 (Presa del Mulato) y los 1500 m (Montaña de Sándara).

En la localidad tinerfeña de La Tabona, el pinar se desarrolla sobre una colada obsidiánica de reciente formación (en la falda norte del Pico del Teide), seguramente subhistórica y de edad situada entre 1470-1490 B.C. (Santana, 1998). La roca prácticamente no se encuentra alterada y el suelo se caracteriza por su escasa retención hídrica y pobreza en nutrientes. Constituye una unidad forestal bien caracterizada e individualizada del resto, donde los árboles se disponen en masa aclarada de escasa densidad que contrasta con el entorno más denso y son de reducida talla, con alturas no superiores a los 7-10 m y diámetros del fuste entre 40 y 60 cm.

En el término municipal de Vilaflor (Tenerife) se ha muestreado en una franja de pinar natural (que se ha denominado Cumbres sur) y que, orientada al SW de

la isla, discurre entre las localidades de La Vica (entre los 1.600 y 1.700 m de altitud) y Boca Tauce (límite altitudinal del pinar en la vertiente sur de esta isla, entre los 2.000 y los 2.100 m).

La vertiente norte de la isla de La Palma (Cumbres de Garafía) acoge el que sin duda es uno de los más impresionantes y extensos pinares naturales de Canarias, que cubre completamente lomos y laderas de elevadas pendientes que discurren desde la Caldera de Taburiente hasta el mar y que están constituidos por aglomerados volcánicos emitidos a lo largo del segundo ciclo volcánico de la isla durante el Plioceno (Afonso, 1988). Partiendo de la localidad de Roque Faro, se eligieron para el muestreo tres interfluvios (Lomo Minadero, Topo del Cedro y Lomo de las Moradas) entre las cotas de 1.200 y 1.900 m.

### Pinos singulares

Los árboles monumentales tienen un significado especial, sorprenden por su enorme tamaño muy poco habitual y, por esta razón, se suelen relacionar con leyendas, mitos o historias más o menos verídicas. La edad de estos ejemplares es uno de los valores que se les atribuyen y, muchas veces, se encuentra sujeta a grandes controversias. Ya desde el inicio de nuestros estudios sobre el pino canario nos planteamos intentar una aproximación más o menos fiable a la edad de uno de sus ejemplares más monumentales, el pino de La Virgen de El Paso (Génova *et al.*, 1999). Posteriormente, y gracias a nuestra colaboración con el Proyecto Leyendas Vivas, hemos tenido la posibilidad de analizar muestras procedentes de otros pinos singulares, en algunos casos incluso extraídas por nosotros. Entre todos ellos hemos elegido los más significativos para estimar su edad. En la Tabla 2 se indican las principales características de estos árboles.

**Tabla 2.** Características de los pinos canarios singulares estudiados

Ejemplar	Término municipal	Altitud (m)	Perímetro normal (m)	Altura (m)	Diámetro de copa (m)
Pino de la Virgen	El Paso (La Palma)	900	7,5	30	28
Pino Gordo	Vilaflor (Tenerife)	1.500	9	45	/
Pino de las Dos Pernadas	Vilaflor (Tenerife)	1.500	8,40	56	26
Pino de Pilancones	S. Bartolomé de Tirajana (Gran Canaria)	1.000	5,25	30	15
Pino de Casandra	Tejeda (Gran Canaria)	950	5	15	20
Pino de Gáldar	Gáldar (Gran Canaria)	1.500	3	/	/

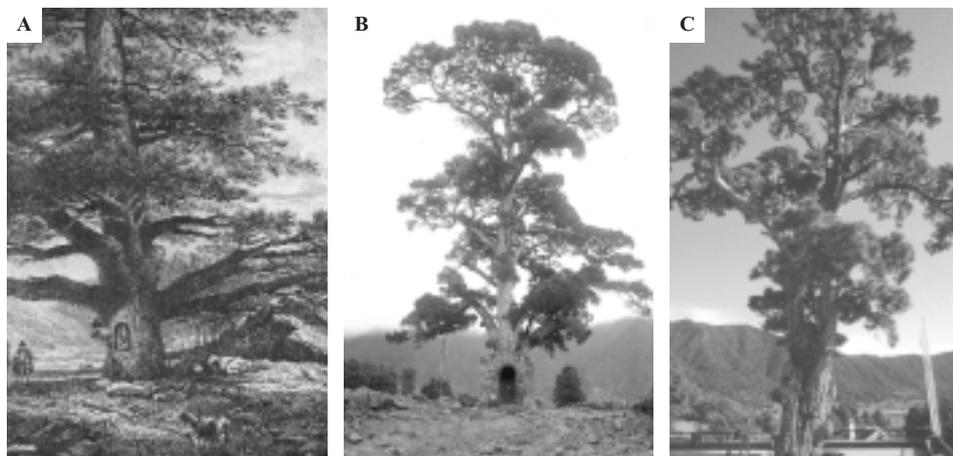
### *El pino de La Virgen*

Como ya se ha indicado, en un trabajo anterior (Génova *et al.*, op. cit.) ya realizamos una aproximación a la edad de este emblemático y monumental ejemplar, que se localiza en el término de El Paso (La Palma). Se trata de uno de los árboles de mayor significado histórico en Canarias, que fue citado explícitamente en las obras de dos de sus más afamados visitantes: Sabine Berthelot (1880) y René Vernau (1891), quienes viajaron por las Islas durante la segunda década del XIX y finales de la década de los 70 del mismo siglo, respectivamente. En el texto de Vernau se encuentran referencias a su espléndido porte y al tradicional relato de la localización de una imagen de la Virgen entre sus ramas que, como en otras ocasiones, de alguna manera pretende legitimar determinados hechos (como la conquista de Canarias) con el apoyo de la divinidad. Por su parte, Berthelot realiza, en una de las láminas de su obra, un magnífico dibujo de este soberbio ejemplar que, junto a una antigua fotografía anónima conservada en el Museo Canario y realizada a comienzos del siglo XX, constituyen dos interesantísimos documentos gráficos (Figura 1a y b). En ambos se observa su imponente aspecto, pero también que fue modificada su fisonomía durante el siglo XIX, pues en la fotografía de comienzos del XX han desaparecido las ramas basales dibujadas por Berthelot y descritas por Vernau, que ponían aún más de manifiesto su dominancia y aislamiento. Estas ramas fueron cortadas para poder levantar una ermita

en sus proximidades. El edificio actual fue construido en la década de los 20 del pasado siglo y requirió corregir la pendiente mediante una terraza artificial que cubre, aproximadamente, unos 3 m de la base del tronco (Figura 1c). El de la Virgen se trata de uno de los pinos canarios de mayor porte, aunque tanto en grosor como en altura es superado por los pinos de Vilaflor (Tabla 2).

### *Los pinos de Vilaflor*

Ambos ejemplares se localizan en el sur de la Isla de Tenerife (municipio de Vilaflor), a unos 1.500 m de altitud y se encuentran muy próximos e inmersos en un pinar extenso que cubre las laderas del denominado Lomo Gordo. Su enorme tamaño y valor biológico e histórico se ha protegido mediante la construcción de terrazas y alcorques para evitar el pisoteo de sus raíces y se han instalado unas placas del Gobierno de Canarias en las que se indican sus dimensiones. El Pino Gordo es el más grueso de todos los pinos canarios y alcanza un perímetro normal de 9 m y una altura de 45 m, mientras que el Pino de las Dos Pernadas es el más alto (56 m) y sólo algo menos grueso (8,40 m de perímetro normal). Hay que destacar, además, que mientras el Pino Gordo presenta un único tronco que se ramifica a bastante altura, el de las Dos Pernadas recibe este nombre precisamente por ramificarse a unos 10 m en dos gruesas ramas de similar grosor.



**Figura 1.** Diversas imágenes del Pino de la Virgen a lo largo del tiempo. A: Reproducción de la lámina dibujada por Berthelot (1880). B: Reproducción de una fotografía anónima conservada en el Museo Canario y fechada a principios del siglo XX. C: Imagen actual.

### *Los pinos de Pilancones y Casandra*

Ambos ejemplares se localizan en el sur de la isla de Gran Canaria y aunque se encuentran bastante alejados de los anteriores en cuanto a dimensiones, éstas son aún suficientemente considerables como para incluirlos entre los árboles más singulares de Canarias e, incluso, de España (Domínguez, 2005). Ambos son muy similares en cuanto al perímetro normal (próximo a 5 m), aunque en cuanto a su ubicación, diámetro de copa y porte presentan considerables diferencias.

El Pino de Pilancones se localiza en el barranco de Ayagaures, en el municipio de San Bartolomé de Tirajana, a unos 1.000 m de altitud, y tiene un enorme significado histórico y alegórico. Se encuentra inmerso en un gran pinar, actualmente Parque Natural, muy castigado por los incendios y formado por árboles mucho más jóvenes, que en numerosas ocasiones han sustituido la pérdida de la guía principal por dos o tres ramas que surgen casi desde la base. Su supervivencia ha sido casi milagrosa. Se encuentra en un entronque de caminos tradicionales como el que une Ayagaures y Tunte (separados unos 30 km). Los vecinos de Ayagaures enterraban a sus muertos en Tunte y el Pino era una parada obligada que, situado más o menos a mitad de camino, proporcionaba descanso y consuelo. El pino de Pilancones presenta una gran herida en su base que fue realizada para extraer la madera muy enteeda que se conserva en su interior. Por la herida caen unos muy llamativos goterones de resina que los lugareños interpretaban como lágrimas por los muertos, lo cual ha incrementado aún más su valor simbólico.

El Pino de Casandra se localiza en el municipio de Tejeda, concretamente en uno de los profundos valles que bajan de la cumbre y a orillas de la presa de la Cueva de las Niñas, a unos 950 m de altitud. Es de menor talla que el anterior (ver Tabla 2), aunque su copa es más amplia y densa, indicando mayor aislamiento y dominancia frente al pinar que le rodea, más claro y reciente. También presenta una gran herida próxima a la base, de donde se ha extraído madera de tea y se ramifica a unos 2 m de altura en dos gruesas ramas. Asimismo en el entorno se han tejido leyendas sobre su existencia y significado, aunque en este caso más bien relacionadas con brujas, a lo que alude precisamente su nombre, que era el de un famoso personaje mitológico.

### *El pino de Gáldar*

Procedente de un rodal de grandes pinos situados a unos 1.500 m en la vertiente NW de Gran Canaria, se ha podido contar para su estudio con una cuña de madera de un ejemplar que fue talado en 1998 por el Cabildo insular y que fue cedida para su estudio a El Museo Canario. Este segmento de fuste fue sometido a un intensivo pulido y, posteriormente, compartimentado en cinco áreas radiales, cuyos anillos fueron analizados rigurosamente. El posterior análisis de las series de crecimiento obtenidas resultó, como se explica más adelante, de enorme interés para la constatación de un tipo de anomalía de crecimiento que ha sido posible detectar de manera harto frecuente en *Pinus canariensis* (Santana y Génova, 2003).

## Métodos

### Medición, sincronización y datación

La extracción de las muestras dendrocronológicas se ha realizado empleando barrenas Pressler estándar, con las que se obtiene un cilindro radial de 5 mm de diámetro. Tras su montaje en soportes de madera para su mejor protección, se preparan adecuadamente las muestras para la medición de los anillos de crecimiento, mediante corte o pulido, con el objeto de crear una superficie plana y transversal a los elementos conductores en la que se visualicen adecuadamente los anillos. La medición se realiza mediante equipos especializados, en nuestro caso hemos utilizado el sistema CATRAS (Aniol, 1983 y 1987).

Seguidamente, las secuencias de crecimiento obtenidas se someten al complejo proceso de sincronización, el cual consiste básicamente en la aplicación de un conjunto de instrumentos gráficos y estadísticos orientados a facilitar la comparación cruzada de las series (Fritts, 1976; Cook y Kairiukstis, 1990; entre otros). Ésta sólo es posible cuando unas determinadas condiciones medioambientales han limitado de forma semejante el crecimiento de un número de árboles estadísticamente representativo, de tal suerte que se producen variaciones sincrónicas en las anchuras de los anillos de crecimiento de cada uno de ellos. Las herramientas gráficas subrayan la importancia de los anillos significativamente estrechos, mientras que las estadísticas (análisis paramétricos y no paramétricos incluidos en programas informáticos muy específicos) corroboran las observaciones realizadas. Para este trabajo se han utilizado los

análisis que ofrece el programa CATRAS que se basan en la comparación de dos series en todas las posiciones de solapamiento posibles (mediante los coeficientes de coincidencia y de correlación) y con un mínimo de solapamiento de 30 anillos. También se ha utilizado el programa COFECHA (Holmes, 1992), que transforma las series a través de distintos procedimientos matemáticos y analiza, por periodos temporales de 25 años, el solapamiento de conjuntos de secuencias. Con estos instrumentos se detectan y corrigen anillos anómalos —tanto ausentes o incompletos como falsos o múltiples— y posibles errores durante el proceso de medición.

Con todo ello se asegura que cada valor de la secuencia se corresponda con el año en que fue formado el anillo y la datación se lleva a cabo teniendo en cuenta que el anillo más externo indica el año en el que la muestra fue tomada.

### Estimación de la edad

La estimación de la edad de un árbol a través de métodos dendrocronológicos es seguramente el método más fiable, aún así la edad estimada difiere de la edad real debido a que:

— En los árboles que forman anillos de crecimiento anuales e identificables, la edad puede conocerse contando el número de anillos en el cuello de la raíz. Sin embargo, si existen frecuentes anomalías en la formación de anillos (anillos ausentes, discontinuos o múltiples) la estimación de la edad es aproximada con un margen de error, el cual se elimina tras el empleo de métodos de sincronización y datación dendrocronológica descritos en el epígrafe anterior.

— Cuando el número de anillos se cuenta a mayor altura que el cuello de la raíz (por ejemplo, la altura normal —1,30 m— a la que se extraen las muestras con barrena), se debe tener en cuenta y estimar el número de años que ha tardado el árbol en alcanzar dicha altura.

— Si las muestras dendrocronológicas no incluyen la médula (algo muy habitual pues resulta muy difícil acertar al centro biológico del tronco, muchas veces no coincidente con el geométrico) se puede estimar el número de anillos que faltan en función del sesgo que presentan los anillos más internos respecto a la médula (Gutiérrez *et al.*, 1998; Bosch y Gutiérrez, 1999).

— La estimación de la edad es sólo aproximada cuando el radio del tronco es mucho mayor que la longitud de la muestra, esto es sobre todo para árboles singulares muy gruesos cuyo radio supera los 40 cm de

la barrena de Pressler estándar; pueden utilizarse barrenas de mayor longitud, pero no son muy aconsejables pues durante la extracción se producen vibraciones excesivas que provocan la rotura de las muestras.

Teniendo en cuenta las cuestiones comentadas se ha estimado la edad únicamente en los árboles con series de crecimiento que han podido ser datadas, excepto en el caso de los árboles singulares donde, como luego veremos, el cálculo de la edad contiene tantas incertidumbres que, en general, la datación de las secuencias es casi irrelevante. En estos casos nos ha sido especialmente útil el análisis de los patrones de crecimiento de las secuencias datadas y la elaboración de un modelo muy general del crecimiento en *Pinus canariensis*.

## Resultados

### Datación de las series de crecimiento

La datación fehaciente mediante la comparación cruzada ha sido posible hasta el momento en dos de las áreas muestreadas de manera sistemática: La Tabona en Tenerife y Cumbres de Garafía en La Palma. Las 50 secuencias datadas (Tablas 3 y 4) constituyen,

**Tabla 3.** Relación de series de crecimiento datadas en la localidad de La Tabona (Tenerife)

Identificador	Datación
TAB01N96	1817-1987
TAB01S96	1815-1996
TAB02N96	1837-1993
TAB03N96	1849-1994
TAB03S96	1847-1994
TAB04N96	1856-1989
TAB06N96	1816-1987
TAB06S96	1893-1990
TAB07N96	1800-1991
TAB08N96	1810-1996
TAB09N96	1805-1990
TAB11N96	1813-1995
TAB11S96	1813-1995
TAB12N96	1875-1996
TAB12S96	1881-1995
TAB15N96	1829-1990
TAB15S96	1806-1990
TAB16A96	1826-1987
TAB16N96	1805-1996
TAB16S96	1815-1992
TAB22N96	1875-1994
TAB22S96	1878-1961

**Tabla 4.** Relación de series de crecimiento datadas en la localidad de Cumbres de Garafia (La Palma)

Identificador	Datación
CLP01N96	1815-1996
CLP04A96	1885-1986
CLP06N96	1701-1995
CLP08B96	1866-1994
CLP12A96	1766-1994
CLP12N96	1770-1992
CLP13E96	1768-1980
CLP14N96	1686-1985
CLP16E96	1578-1977
CLP17B96	1606-1988
CLP17C96	1619-1983
CLP18N96	1767-1979
CLP18S96	1761-1991
CLP20A06	1562-1996
CLP20D96	1558-1993
CLP22N96	1612-1996
CLP22S96	1594-1983
CLP23A96	1614-1996
CLP23D96	1609-1990
CLP24D96	1665-1996
CLP26D96	1568-1984
CLP26N96	1661-1986
CLP28A96	1794-1996
CLP29N96	1679-1976
CLP29S96	1701-1987
CLP30E96	1689-1994
CLP32D96	1649-1995
CLP38E96	1810-1994

aproximadamente, 1/3 del total de las analizadas y son heterogéneas en cuanto a su extensión temporal, localizándose las más prolongadas en la localidad palmera, con la serie más larga que se extiende a lo largo del periodo 1558-1993.

Respecto al estudio del segmento de fuste del Pino de Gáldar sus resultados no pudieron ser más llamativos. Todas las series de crecimiento obtenidas presentan anillos ausentes (comparar las Figuras 2 y 3), aún perteneciendo al mismo ejemplar y estando separadas entre sí por pocos centímetros. Cada serie aporta a las siguientes y anteriores los anillos necesarios para registrar, en una única serie media (Figura 4), la diacronía de la actividad cambial del árbol y, como resultado, la secuencia cronológica, datada para el periodo 1682-1998. En este mismo gráfico también se han representado otras dos secuencias de crecimiento que se corresponden, respectivamente, con los promedios de las series correspondientes a ejemplares de edad superior a 300 años en la localidad de Garafia (1558-1996) y próxima a los 200 años en La Tabona (1800-1996).

## Estimación del crecimiento

Las secuencias representadas en la Figura 4 muestran elevados crecimientos iniciales (correspondientes a la etapa juvenil), que van disminuyendo progresivamente y siguen, aproximadamente, el modelo exponencial decreciente durante el primer siglo de vida, muy habitual en las secuencias de coníferas (Fritts, 1976). En esta etapa, claramente distinguible, el promedio de anchura de anillo es mucho más elevado; según nuestros datos oscilaría desde 3,24 mm en el Pino de Gáldar hasta menos de 2 mm para las secuencias medias de las localidades de Garafia y Tabona. En los siguientes tramos de edad los crecimientos descienden considerablemente a valores medios en general inferiores a 1 mm y que suponen un descenso aproximado entre un 50% a un 25% del grosor de los 100 primeros anillos. Además, en las secuencias más largas (Garafia y Gáldar), los valores medios de crecimiento para los últimos 200 años son aproximadamente un 30% inferiores a los de los primeros 100 años.

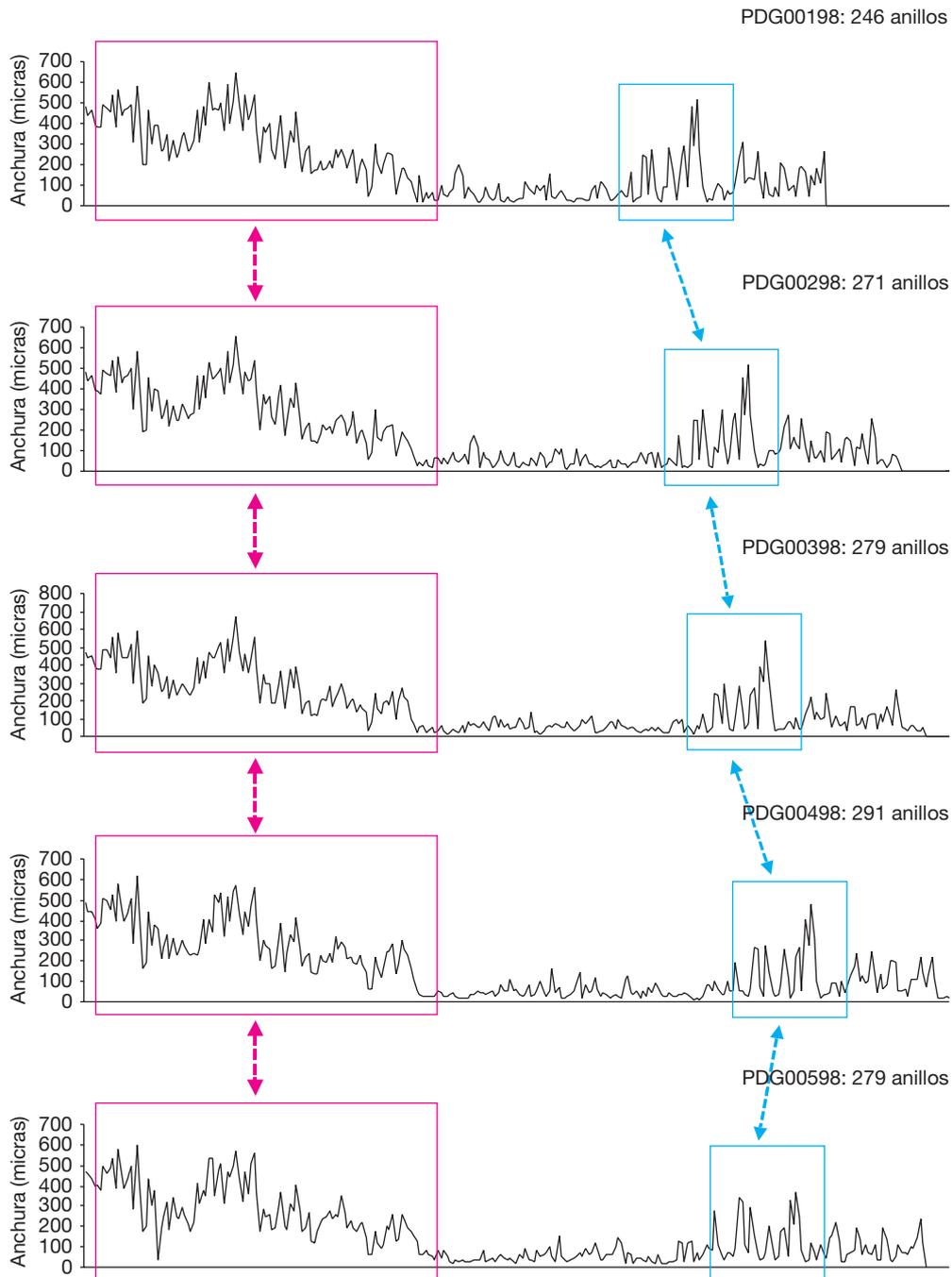
Frente a este modelo general, en numerosas secuencias de crecimiento de pino canario se presentan determinadas oscilaciones, más o menos marcadas, indicadoras de una historia vital compleja. Habitualmente son asincrónicas y, por tanto, originadas por diferentes factores endógenos o exógenos (regulación hormonal, daños en superficie fotosintética, disminución de la competencia,...) que han actuado de forma individual (Génova y Santana, 2003). Sin embargo, al comienzo de la década de los veinte del pasado siglo XX, se producen crecimientos inusitados, tanto en numerosos árboles de la localidad de Garafia como en el Pino de Gáldar, que se prolongan casi hasta el final del siglo. Dicha perturbación debe relacionarse con la disminución de la competencia causada, más o menos directamente, por actividades antrópicas (incendios, podas o talas selectivas). Por el contrario, en las últimas décadas el crecimiento en algunos árboles disminuye extraordinariamente y son muy frecuentes los anillos ausentes, por lo que determinadas secuencias no han podido ser datadas hasta la fecha de extracción (Tablas 3 y 4, Figuras 2 y 3), indicando condiciones muy difíciles para un correcto desarrollo.

El incremento medio calculado para las muestras analizadas es extraordinariamente variable y aún teniendo en cuenta la diferente longitud de dichas muestras, resulta más elevado en los árboles monumentales que en las localidades de Garafia y Tabona,

sólo comparable en algunos casos con los crecimientos del pino de Gáldar, indicando que, en general, actualmente habitan (y, muy posiblemente, también en el pasado) en condiciones más favorables que los anteriores.

### Estimación de la edad

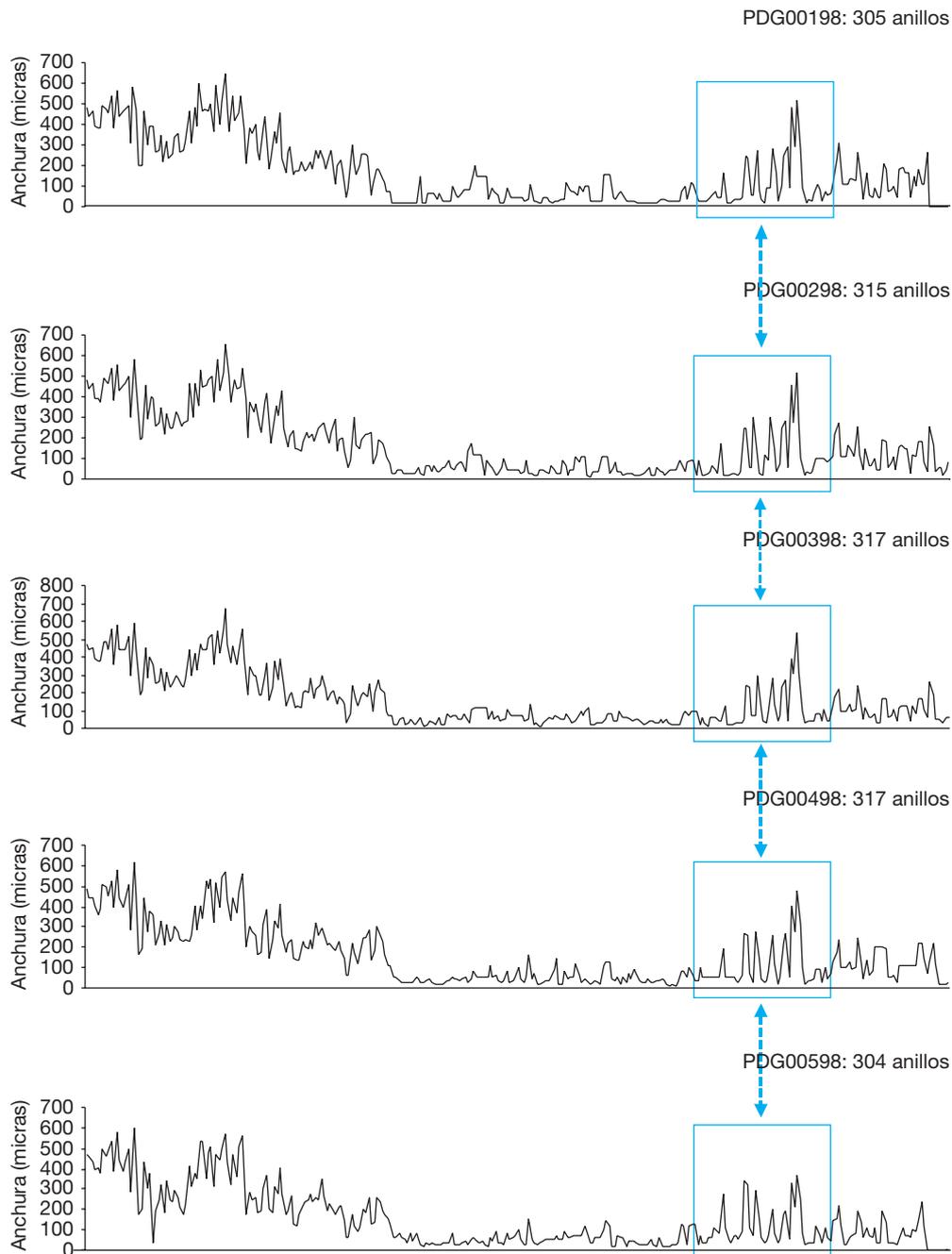
La edad en los ejemplares de los que se poseen secuencias de crecimiento completas y bien datadas puede evaluarse con gran fiabilidad a partir de la lon-



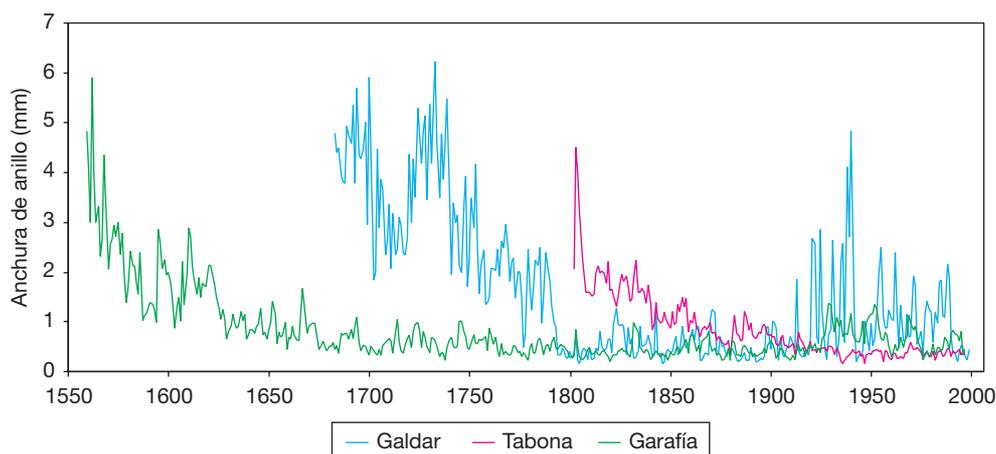
**Figura 2.** Gráficas de las series de crecimiento originales del Pino de Gáldar. El primer recuadro señala el área inicial en la que las series sincronizaban, mientras que el segundo marca la estructura gráficamente más ilustrativa de anillos incompletos.

gitud de dichas secuencias (ver apartado 3.2). Así, la edad del Pino de Gáldar en el momento de su muerte, se estima que se aproximaría a los 320 años, según la longitud de la secuencia media datada. Respecto a las localidades de La Tabona y Garafía, se

puede estimar que, en la primera de ellas, la edad de la población forestal es relativamente homogénea y se sitúa entre los 150 y 200 años, mientras que en Garafía es más heterogénea, con máxima estimada en torno a los 450 años.



**Figura 3.** Gráficas de las series de crecimiento originales del Pino de Gáldar modificadas tras la comparación cruzada. La estructura que ilustra en la figura 2 la presencia de anillos incompletos ahora sincroniza en todas las series.



**Figura 4.** Representación gráfica de cronologías de *Pinus canariensis*. Garafía: secuencia media de árboles de más de 300 años ubicados en dicha localidad. Tabona: secuencia media de árboles de menos de 200 años ubicados en dicha localidad. Gáldar: secuencia media de las series de crecimiento datadas de este pino.

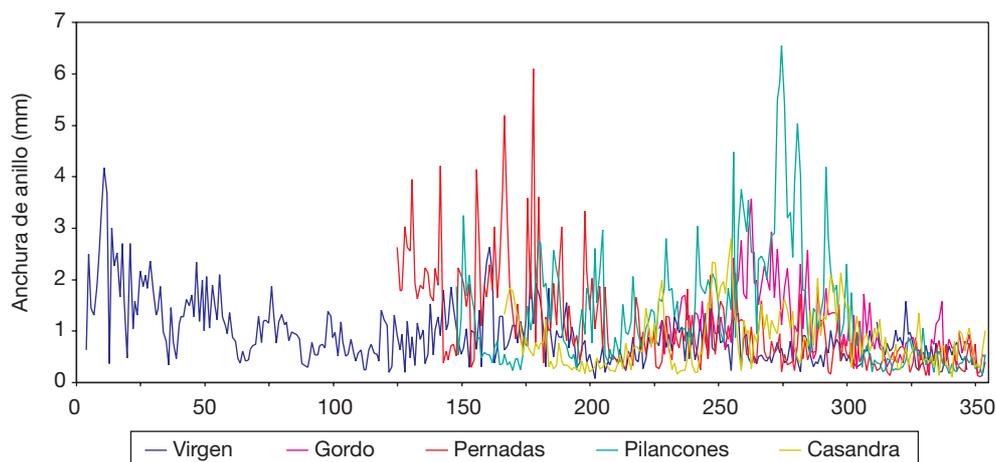
Por el contrario es, comparativamente, muy elevada la incertidumbre en el cálculo de la edad de los enormes ejemplares monumentales, de los que cabe suponer que sean varias veces centenarios. Las secuencias de crecimiento no se han podido datar con fiabilidad por falta de sincronización y, lo que es mucho más importante para conocer al menos el número total de anillos, porque la longitud del radio sobrepasa ampliamente la de la barrena. Aún así nos parece interesante realizar una aproximación a su lon-

gevidad. Para ello se ha seguido un procedimiento original, pues no conocemos otros trabajos sobre estimación dendrocronológica de la edad en ejemplares tan gruesos.

En primer lugar, en cada ejemplar monumental se ha calculado la longitud aproximada del radio del tronco a la altura normal y se ha dividido en dos segmentos: uno más externo, correspondiente a la longitud de la muestra obtenida y con número de anillos conocido y otro segmento más interno con número de

**Tabla 5.** Parámetros y valores utilizados para estimar la edad de ejemplares monumentales de *Pinus canariensis*

Ejemplar	Radio estimado (cm)	Parámetros	Segmento interno (estimación)			Segmento externo (muestra)	Edad estimada (años)
			Porción inicial	Porción media (2 tipos de estimación)			
Pino Gordo	143	Longitud (cm)	38	89	89	16	696/805
		N.º anillos	100	468	577	128	
		Grosor medio (mm)	3,8	1,9	1,54	1,14 ± 0,65	
Pino de las Dos Pernadas	134	Longitud (cm)	32	79	79	23	823/739
		N.º anillos	100	493	409	230	
		Grosor medio (mm)	3,2	1,6	1,93	0,98 ± 0,93	
Pino de la Virgen	120	Longitud (cm)	31	57	57	32	824/775
		N.º anillos	100	380	331	344	
		Grosor medio (mm)	3,1	1,5	1,72	0,93 ± 0,59	
Pino de Casandra	78	Longitud (cm)	28	34	34	16	530/854
		N.º anillos	100	242	566	188	
		Grosor medio (mm)	2,8	1,4	0,60	0,85 ± 0,54	
Pino de Pilancones	83	Longitud (cm)	45	8	8	30	343/378
		N.º anillos	100	36	71	207	
		Grosor medio (mm)	4,5	2,2	1,12	1,37 ± 1,15	



**Figura 5.** Representación gráfica de las series de crecimiento de pinos canarios singulares.

anillos desconocido (Tabla 5). El número de anillos del segmento interno se ha calculado, por una parte, en función de la estimación descrita en el apartado anterior y, por otra, según las características de la secuencia de valores de crecimiento de cada individuo (Figura 5).

El segmento interno desconocido se ha dividido en dos porciones, una correspondiente a los 100 primeros años de vida en los que, según se ha reconocido en las series datadas más largas, el crecimiento sería del orden de un 30% más elevado que el promedio de los anillos medidos. Una segunda porción, situada entre el primer centenar de años y el segmento conocido, es la que supone mayor imprecisión, especialmente en aquellos casos en que esta porción es muy larga (como en los pinos de Vilaflor o en el de La Virgen). Como en estos árboles los anillos medidos más internos tienden a ser más anchos que los más externos (ver Figura 5), se han seguido dos métodos para calcular el número de anillos de este segmento:

1. Utilizar como grosor medio el 50% del valor medio estimado en la porción más interna.
2. Utilizar como grosor medio el valor medio de los 50 anillos medidos más internos.

Con ambos métodos de estimación se obtiene un rango de edad para cada individuo que oscila entre algo más de 800-700 años para los ejemplares más gruesos (pinos de Vilaflor y pino de La Virgen), y entre 350-400 para el pino de Pilancones. El rango de edad estimado para el pino de Casandra es el que más varía según el método utilizado (desde algo más de 500 hasta 850 años), pero no tenemos otros datos que nos permitan precisar mejor esta estimación.

## Discusión

*Pinus canariensis* presenta una especial predisposición a la irregularidad en el funcionamiento periódico del cambium vascular, pues los estudios dendrocronológicos realizados por nosotros demuestran la recurrencia extraordinaria de anomalías (anillos discontinuos o ausentes). Otros estudios han puesto de manifiesto una serie de características anatómicas y fisiológicas de la estructura xilemática de este taxon calificables de excepcionales: presenta gran cantidad de parénquima y, en consecuencia, de gránulos de almidón en los radios leñosos y alrededor de los canales resiníferos, muy superiores a los de otras especies del género (Climent *et al.*, 1998; Climent *et al.*, 2002). Muy posiblemente, la gran abundancia de carbohidratos de reserva en el área xilemática de *Pinus canariensis* es una adaptación de la especie para afrontar situaciones extremas (incendios, sequías, ...) que causan pérdida de biomasa foliar. Esta pérdida se supera mediante una extraordinaria capacidad para recuperar la copa en la estación siguiente, incluso cuando la pérdida ha sido total, a través de brotes epicórmicos. Sin embargo, la reiniciación de la actividad del cambium vascular y del crecimiento secundario podría retrasarse o ser muy irregular, hasta que se haya producido la recuperación completa de la actividad fotosintética, generando por tanto secuencias de crecimiento incompletas.

La experiencia acumulada hasta el momento muestra que es fundamentalmente debido a estas anomalías, que muchas de las series de crecimiento no pueden ser datadas con precisión, pues no es posible asegurar la sincronía entre secuencias de anillos y periodos

anuales. Como consecuencia, la estimación de la edad en el pino canario mediante la contabilización de anillos y la adjudicación de año por anillo presente es, cuando menos, compleja y, si no se aplican las técnicas dendrocronológicas, frecuentemente inexacta. Sin embargo un minucioso y detallado estudio sí permite, en determinados casos, la localización y consecuente corrección de irregularidades para una acertada datación. Así se han datado con fiabilidad 50 series de crecimiento de *Pinus canariensis* en dos localidades canarias: La Tabona (Tenerife) y Garafía (La Palma). En el primer caso la población forestal es bastante homogénea y la edad máxima detectada no supera los 200 años, mientras que en Garafía la estructura de edades es heterogénea y allí se conservan algunos de los ejemplares más longevos, con edades máximas próximas a 450 años y cuyo registro más largo abarca el periodo 1558-1996. A estas cronologías debe sumarse la construida tras la medición de varios radios en un segmento de fuste de un ejemplar de los Pinos de Gáldar (Gran Canaria). En este caso, la cronología se extiende entre 1682 y 1998, e indica que su edad se aproximaría a los 320 años.

Por otra parte, las analogías establecidas entre los patrones de crecimiento de las secuencias datadas, aportan una valiosa información para el estudio de la dinámica en masas forestales naturales de pino canario. Además, el modelo de estimación empleado diseña un procedimiento original para estimar la edad en ejemplares monumentales, a partir de muestras dendrocronológicas que sólo recogen los anillos de crecimiento más recientes, dado el enorme perímetro de dichos ejemplares. Con este método se ha estimado una edad máxima próxima a los 800 años para el Pino de la Virgen (La Palma) y los pinos Gordo y de las Pernadas en Vilaflor (Tenerife), algo menos de 400 años para el Pino de Pilancones (Gran Canaria) y con un rango de estimación más incierto en el Pino de Casandra (Gran Canaria), que oscilaría desde algo más de 500 hasta 850 años.

## Referencias bibliográficas

- AFONSO L., 1988. La Palma. En: Geografía de Canarias, Vol. 4, Geografía Comarcal. Ed. Intersinsular Canaria. Santa Cruz de Tenerife. 303 pp.
- ANIOL R., 1983. Tree-ring analysis using CATRAS. *Dendrochronologia* 1, 45-53.
- ANIOL R., 1987. A new device for computer measurement of tree-ring widths. *Dendrochronologia* 4, 135-141.
- BERTHELOT S., 1980. Primera estancia en Tenerife (1820-1830). Santa Cruz de Tenerife. Aula de Cultura del Cabildo Insular de Tenerife.
- BOSCH O., GUTIÉRREZ E., 1999. La sucesión en los bosques de *Pinus uncinata* del Pirineo. De los anillos de crecimiento a la historia del bosque. *Ecología* 13, 133-172.
- CLIMENT J., GIL L., PARDOS J., 1998. Xylem anatomical traits related to resinous heartwood formation in *Pinus canariensis* Sm. *Trees* 12, 139-145.
- CLIMENT J., CHAMBEL M., PÉREZ E., GIL L., PARDOS J., 2002. Relationship between heartwood radius and early radial growth, tree age, and climate in *Pinus canariensis*. *Canadian Journal of Forest Research* 32, 103-111.
- COOK E., KAIRIUKSTIS L. (eds), 1990. *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences*. Kluwer Academic Publishers, 393 pp.
- DOMÍNGUEZ S., 2005. *Árboles, Leyendas vivas*. Ed. SDL, S.L.
- FRITTS H., 1976. *Tree Rings and Climate*. Academic Press. London, 567 pp.
- GÉNOVA M., SANTANA C., MARTÍN E., 1999. Longevidad y anillos de crecimiento en el Pino de la Virgen (El Paso, La Palma). *Vegueta* 4, 27-32.
- GÉNOVA M., SANTANA C., 2003. Longevidad, dinámica del crecimiento y años característicos en *Pinus canariensis*. La Biogeografía: ciencia biogeográfica y ciencia biológica, 135-144. Documentos congresuales. Universidad de La Laguna.
- GUTIÉRREZ E., CAMARERO J., TARDIF J., BOSCH O., RIBAS M., 1998. Tendencias recientes del crecimiento y la regeneración en bosques subalpinos del Parque Nacional D'Aiguestortes i Estany de Sant Maurici. *Ecología*, 12: 3-65.
- HOLMES R., 1992. *Dendrochronology Program Library. Installation and Program Manual*. Laboratory of Tree Ring Research, University of Arizona, USA.
- SANTANA C., 1998. Primeras sincronizaciones dendrocronológicas con *Pinus canariensis* Smith para la reconstrucción dendroclimática de Canarias y su aplicación a los análisis históricos. Tesis de Licenciatura (inédita). Facultad de Geografía e Historia de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- SANTANA C., 1999. Primeros resultados para la reconstrucción dendroclimática de Canarias. *Vegueta* 4, 9-25.
- SANTANA C., GÉNOVA M., 2003. Anomalías en la formación de anillos de crecimiento en *Pinus canariensis*. La Biogeografía: ciencia biogeográfica y ciencia biológica, 145-156. Documentos congresuales. Universidad de La Laguna.
- SCHWEINGRUBER F., 1996. *Tree Rings and Environment: Dendroecology*. Ed. Paul Haupt AG. Berna. 609 pp.
- VERNEAU R., 1891. Cinco años de estancia en las Islas Canarias. 3ª ed. en español. Editorial J.A.D.L. La Orotava (Tenerife).