

RELACIONES ENTRE LA VARIABILIDAD FENOLÓGICA DE *PINUS CANARIENSIS*, EL CLIMA Y LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE LOS NUTRIENTES

Francisco Gasulla, Pedro Gómez de Nova y Eva Barreno Rodríguez

Universitat de València. ICBIBE, Dpto. de Botánica. Fac. C. Biológicas. C/ Dr. Moliner 50. 46100-BURJASSOT (València, España). Correo electrónico: francisco.gasulla@uv.es.

Resumen

En el presente trabajo se estudian caracteres fenológicos como la longitud de las acículas (LA) y entrenudos (LE) y la longevidad de las acículas (LG) de *Pinus canariensis* Ch. Sm. ex DC. en 19 estaciones de las islas de Tenerife, El Hierro y La Palma, por campañas de recolección de muestras realizadas durante 5 años; así como, la relación entre su crecimiento, el clima y la concentración de nutrientes en las acículas. Se ha observado una elevada variabilidad interpoblacional. Esta variabilidad fenotípica podría relacionarse principalmente con las variadas condiciones climáticas existentes en cada localidad. Se han obtenido correlaciones significativas positivas entre las precipitaciones, LA y LE, mientras que la LG se correlaciona negativamente. Por otra parte, la concentración de nutrientes en las acículas fue menor en aquellos árboles con una mayor retención foliar. Así pues, en aquellos lugares donde el crecimiento está limitado por las condiciones ambientales una mayor retención foliar permitiría que, por un lado, la baja capacidad fotosintética sea compensada con el incremento de las superficies foliares activas y, por otro, que se optimice el uso de los nutrientes mediante un incremento del tiempo de retención de las acículas en el árbol.

Palabras clave: *Longevidad foliar, Crecimiento, Estrés hídrico, Longitud acículas*

INTRODUCCIÓN

Se han realizado bastantes estudios en diversas especies de *Pinus* que demuestran la existencia de una elevada variabilidad intraespecífica en caracteres fenológicos tales como la longitud de las acículas y de los entrenudos. Esta variabilidad fenotípica suele presentarse como una respuesta a diferentes variables ambientales como el agua disponible (GHOLZ *et al.*, 1990; RAISON *et al.*, 1992; DEWAR *et al.*, 1994; PIUSSI & TORTA, 1994; SHEFFIELD *et al.*, 2002), la temperatura (LANNER, 1971; OLEKSYN *et al.*, 1998; OLEKSYN *et al.*, 2001) o la luz (SCHOETTLE & SMITH, 1991; STENBERG *et al.*, 1994; SPRUGEL *et al.*, 1996).

En dichos trabajos queda patente que los estreses ambientales que limitan el crecimiento -tales como las bajas temperaturas y/o el estrés hídrico- están inversamente correlacionados con la longevidad de las acículas, de este modo, se consigue una optimización en el aprovechamiento de los recursos y balances positivos de carbono.

En el presente trabajo se intenta profundizar en el conocimiento de los caracteres fenológicos de *Pinus canariensis* Chr. Sm. ex DC. como el crecimiento de acículas y entrenudos y la retención foliar, así como estudiar las posibles correlaciones entre ellos. También se intenta identificar cuáles son los factores climáticos que influ-

yen más directamente sobre su fenología. Los muestreos están basados en la red biológica de monitorización establecida desde 1994 por BARRENO *et al.* (1996).

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el análisis se seleccionaron los datos obtenidos en ocho campañas de recolección en

un total de 19 localidades de las islas de Tenerife, El Hierro y La Palma con el fin de que se encontrara representado el amplio espectro ecológico en el que se desarrollan muchos de los pinares canarios (Figura 1). En cada una de las localidades, se seleccionaron al azar 10 árboles. Para la cuantificación del crecimiento (entrenudos y acículas) y de la retención foliar, en cada verticilo, fueron tomadas medidas en cinco ramas por árbol (50 por estación y muestreo). La

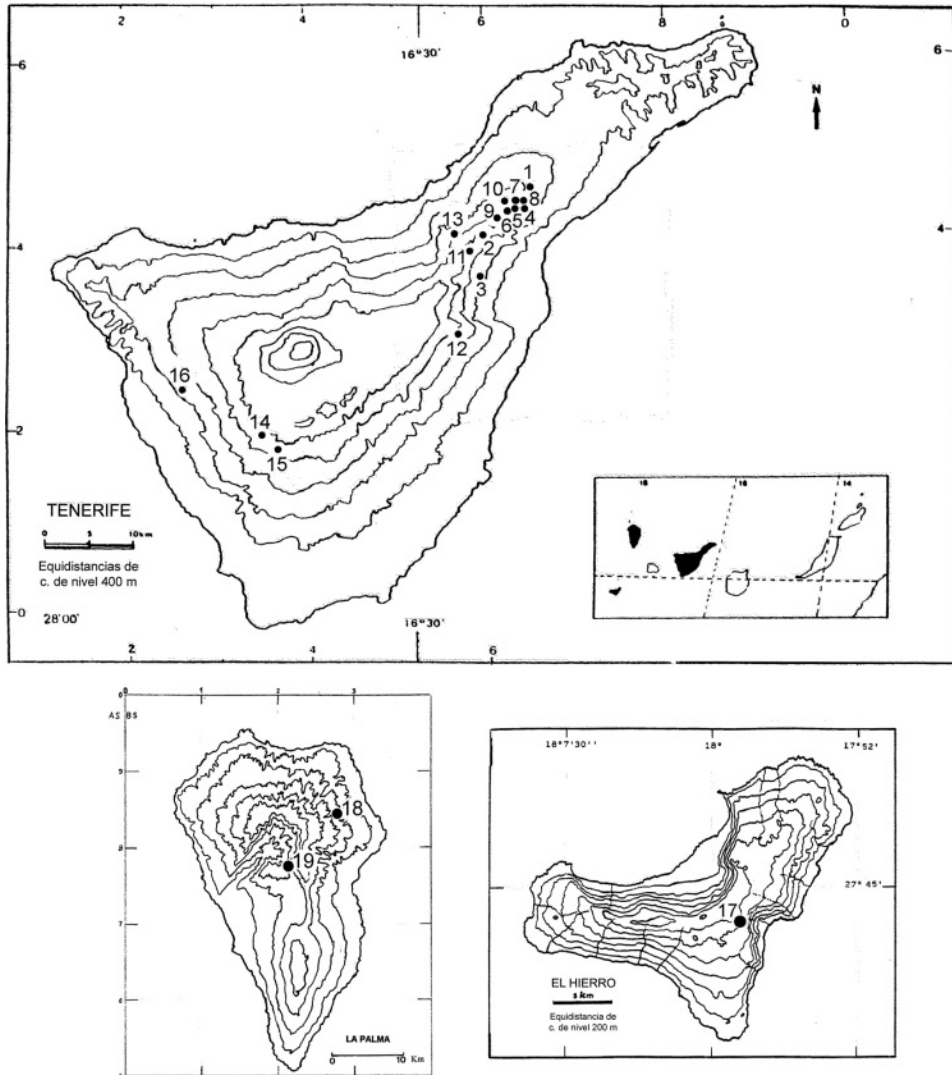


Figura 1. Situación de las localidades de muestreo

longitud de acículas (LA) se tomó como el valor medio de cada verticilo. Se midió la longitud de los entrenudos (LE) de los 5 años anteriores a la realización de cada campaña. El cálculo de la vida media de las acículas de una población, se realizó tomando el tiempo transcurrido hasta tener una retención foliar media de aproximadamente el 50% de las acículas en los verticilos (Tabla 1).

Debido a que no existen estaciones meteorológicas en las localidades, los datos climatológicos han tenido que ser extrapolados a partir de los obtenidos a través de 49 estaciones meteorológicas zonales de áreas circundantes. Se han calculado algunos índices bioclimáticos (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987) (Tabla 2).

La toma de muestras de acículas para su análisis químico se llevó a cabo en 10 localidades 1, 3, 4, 6, 10, 12, 13, 14, 15 y 16. En cada estación se seleccionaron 3 árboles al azar, de los cuales se cortaron tres ramas. A su vez, las acículas fueron separadas por verticilos. La metodología seguida coincide con la de los controles de calidad del USDA Forest Service (GASULLA, 2002).

RESULTADOS

Las medidas obtenidas a lo largo de las diferentes campañas muestran que las poblaciones de *Pinus canariensis* poseen una elevada variabilidad fenotípica para estos caracteres: longitud de acículas o de entrenudos y la retención foliar. La LA varió, para el periodo de muestreo 1994-1998, entre los 16,8 cm y 22,6 cm, la LE entre los 2,00 cm y 5,86 cm, y la LG de 1,22 a 2,57 años (Tabla 1). Existe una clara correlación entre la LA y LG ($r = -0,653$, $P_v = 0,002$), mientras que no se observan correlaciones significativas ni entre LA-LE ($r = 0,389$, $P_v = 0,100$) ni entre LE-LG ($r = -0,117$, $P_v = 0,632$).

En la tabla de correlaciones lineales entre los caracteres fenológicos estudiados y los diferentes valores climáticos y bioclimáticos (Tabla 2) se puede observar que la precipitación líquida parece ser el factor climático que influye más directamente sobre el crecimiento y la retención foliar en los pinos canarios (Tabla 3). En el caso de los bioelementos se observa una tendencia hacia el aumento de las concentraciones de los

	LA (cm)	LE (cm)	LG (años)
1.- Esperanza	20,9	3,02	1,31
2.- Arafo	21,0	4,42	1,27
3.- Frente Güimar	22,6	2,46	1,56
4.- Bco. Hondo	19,7	3,54	1,25
5.- Cruce Bco. Hondo	22,3	3,04	1,43
6.- Alta Tensión	22,5	3,96	1,70
7.- Monte del Pinar	19,4	3,21	1,48
8.- Helechera	21,0	2,97	1,44
9.- Boca Valle	22,5	5,86	1,54
10.- Chupadero	21,1	3,77	1,59
11.- PC Arafo	20,8	4,42	1,92
12.- Chozas	19,0	2,50	1,58
13.- Roque	19,7	3,38	1,86
14.- Lajas	17,7	2,13	1,89
15.- Vica	16,8	2,00	2,57
16.- Chio	18,3	3,10	2,34
17.- Playas	16,8	3,84	2,11
18.- Tagoja	20,2	5,07	1,93
19.- Bejenado	21,0	2,65	1,22

Tabla 1. Longitud media de acículas (LA) en cm. Longitud media de entrenudos en cm (LE). Longevidad media de las acículas en años (LG)

	T (°C)	m (°C)	Tf (°C)	Itc	Ic	P (mm)	Pv (mm)	Pag+st (mm)
1.- Esperanza	14	5,5	9,5	315	11,6	900	23	28
2.- Arafo	13,5	5,5	8	280	12,2	1200	15	33
3.- Frente Güimar	15	7,5	10,3	355	10,9	600	10	17
4.- Bco. Hondo	13,8	7,5	10,3	355	10,9	1000	10	17
5.- Cruce Bco. Hondo	13,8	5,6	8,9	310	11,9	1000	13	19
6.- Alta Tensión	14	5,9	8,9	320	11,8	1000	9	13
7.- Monte del Pinar	13,7	5,5	8,4	305	12	1100	9	14
8.- Helechera	13,7	5,5	8,4	305	12	1100	9	14
9.- Boca Valle	13	4,9	7,8	280	12,8	1300	15	30
10.- Chupadero	13	4,9	7,8	280	12,8	1300	15	30
11.- PC Arafo	14	6,9	9,2	320	11,6	800	15	25
12.- Chozas	12,7	5	7	280	11,6	400	6	12
13.- Roque	14,7	7,8	11,6	340	10,2	800	16	20
14.- Lajas	13,2	2,5	6,8	290	13,2	300	2	7,5
15.- Vica	14,8	3,5	7,8	320	13,5	300	5	9,5
16.- Chio	16,4	7,8	11,8	385	9	250	1	3
17.- Playas	17,4	10,6	14,5	442	9,6	340	2,5	5
18.- Tagoja	18	12	15,6	419	7,1	850	10	30
19.- Bejenado	17	10,6	13,8	441	8	600	9	11

Tabla 2. Valores climáticos y bioclimáticos en cada localidad de muestreo

macronutrientes minerales en las acículas de los árboles que retienen únicamente dos verticilos, con respecto a los de tres o más (Tabla 4).

DISCUSIÓN

El crecimiento de los pinos canarios es de tipo monocíclico uninodal, o sea la yema invernal contiene el primordio de la rama y de todas

las acículas que se elongarán en la siguiente estación vegetativa. El primordio del braquiblasto se forma durante el periodo de elongación de los braquiblastos del año anterior. El número de primordios o de unidades de tallo que formarán el verticilo depende de las condiciones climáticas del primer año, mientras que durante el segundo únicamente se producirá la elongación de las unidades del tallo, lo cual acabará dándole la longitud definitiva al entrenudo y se produ-

	LA	LE	LG
T	-0,280	0,065	0,379
M	0,008	0,299	0,020
Tf	-0,129	0,209	0,161
Itc	-0,251	0,005	0,230
Ic	0,043	-0,160	-0,050
P	0,704**	0,593**	-0,642**
Pv	0,637**	0,389	-0,546*
Pag+st	0,590**	0,648**	-0,435
Io	0,648**	0,465*	-0,603**
Iov	0,665**	0,360	-0,659**

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Pearson (*r*) entre los valores climáticos y bioclimáticos y los diferentes parámetros fenológicos. * Significativo al 95%, ** significativo al 99%

	N	P	K	Ca	Mg	Na
I.- Árboles con dos edades de acículas (n=11)						
1º verticilo	0,824	0,114	0,465	0,445	0,131	0,038
2º verticilo	0,880	0,137	0,392	0,671	0,166	0,079
II.- Árboles con tres edades de acículas (n=16)						
1º verticilo	0,713	0,086	0,426	0,322	0,130	0,023
2º verticilo	0,775	0,095	0,331	0,481	0,145	0,040
3º verticilo	0,721	0,116	0,338	0,608	0,142	0,062
Todas las concentraciones en %						

Tabla 4. Concentraciones medias de nutrientes (%) en las acículas separadas por verticilos. Árboles con dos verticilos de retención vs. árboles con tres

cirá el crecimiento de las acículas (GASULLA et al., 2001). Por ello, se observan correlaciones positivas con las precipitaciones anuales (P) y las de agosto y septiembre (P ag+st) (Tabla 4) cuando se forman los primordios, pero no con las estivales (Pv), periodo en el que ya se tiene que haber terminado de elongar el primordio. Por otra parte, el crecimiento de las acículas continuaría también durante el verano, ya que se observa una correlación positiva con las precipitaciones estivales. Este hecho podría explicar porqué no existe una correlación significativa entre LA y LE, ya que mientras la LA depende únicamente de las condiciones climáticas de un año, la LE se ve influenciada por las de dos años consecutivos. Estas diferencias todavía son más patentes si se compara el crecimiento del entrenudo de un determinado año con la longitud de las acículas respectivas (GASULLA, 2002).

El tamaño de las hojas y el área foliar total de la copa influyen directamente en la captación de carbono (STENBERG et al., 1994). Es por ello que la retención de las hojas durante más tiempo puede permitir la acumulación de una elevada superficie foliar total en el árbol (CHABOT & HICKS, 1982). Este hecho podría explicar porqué en aquellas localidades donde el crecimiento es menor -con acículas y entrenudos más cortos- la longevidad de las acículas aumenta.

Las escasas precipitaciones que se producen, en muchas de las localidades analizadas, durante la época de crecimiento de los pinos canarios provocaría una falta de disponibilidad de agua en el suelo que dificultase la captación de los nutrientes minerales a través de las raíces (ZIMMERMANN & FEGER, 1997; LEBOURGEOIS et al., 1997), y esto es lo que parece revelar el hecho de que se haya

podido cuantificar una menor concentración de nutrientes en las acículas. Así pues, un mayor tiempo de retención de las acículas también favorecería la optimización en el aprovechamiento de los recursos disponibles en los suelos por parte de esos pinares canarios.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con el proyecto MCYT REN 2003-04465 y un convenio con la Viceconsejería del Gobierno de Canarias.

BIBLIOGRAFÍA

- BARRENO, E.; FOS, S.; SANTOS, A.; PÉREZ-ROVIRA, P.; VIVES, C.; CEBRIÁN, E. Y TORMO, J.C.; 1996. *Caracterización y tipificación de daños en vegetales para el establecimiento de una red biológica de calidad ambiental en los Pinares de Tenerife (Islas Canarias)*. Jardí Botànic de València, Servei de Publicacions, Universitat de València. ISBN84-370-2680-6. Dep. Legal: V-3332-1996. 168 pp.
- CHABOT, H.G. & HICKS, D.J.; 1982. The ecology of leaf life spans. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 13: 229.
- DEWAR, R.C.; LUDLOW, A.R. & DOUGHERTY, P.M.; 1994. Environmental influences on carbon allocation in pines. *Ecol. Bull.* 43: 92-101.
- GASULLA, F.; FOS, S. & BARRENO, E.; 2001. Comportamiento fenológico y variabilidad fenotípica de *Pinus canariensis* Chr. Sm. ex DC. *En: Junta de Andalucía-S.E.C.F.* (eds.),

- Actas del III Congreso Forestal Español-Sierra Nevada 2001, I: 49-55. Coria Gráficas. Sevilla.
- GASULLA, F.; 2002. *Fenología y variabilidad fenotípica de Pinus canariensis Chr. Sm. ex DC.. Correlaciones bioclimáticas*. Trabajo de investigación, DEA, Universitat de Valencia, pp. 47. Inédita.
- GHOLZ, H.L.; EWEL, K.C. & TESKEY, R.O.; 1990. Water and forest productivity. *Forest Ecol. Manag.* 30: 1-18.
- LANNER, R.M.; 1971. Shoot growth patterns of loblolly pine. *Forest Sci.* 17: 486-487.
- LEBOURGEOIS, F.; LEBOURGEOIS, F.; LEVY, G.; BECKER, M. & LEFEVRE, Y.; (1997). Effects of mineral nutrition and water site conditions on radial growth of Corsican pine in western France. *Ann. Sci. For.* 54: 279-300
- OLESYN, J.; REICH, P.B.; TJOELKER, M.G. & CHALUPKA, W.; 2001. Biogeographic differences in shoot elongation pattern among European Scots pine populations. *Forest Ecol. Manag.* 148: 207-220.
- OLESZYK, D.; CLAUDIA, W.; VANESS, E.; APPLE, M. & TINGEY, D.; 1998. Phenology and growth of shoots, needles, and buds of Douglas-fir seedlings with elevated CO₂ and (or) temperature. *Can. J. Bot.* 76: 1991-2001.
- PIUSSI, P. & TORTA, G.; 1994. Osservazioni sulla lunghezza e sulla longevità degli aghi di Pino domestico (*Pinus pinea* L.). *Giornale botanico italiano* 128: 887-902.
- RAISON, R.J.; MYERS, B.J. & BENSON, M.L.; 1992. Dynamics of *Pinus radiata* foliage in relation to water and nitrogen stress. I. Needle production properties. *Forest Ecol. Manag.* 52, 139-158.
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; 1987. *Memoria del Mapa de Series de vegetación de España*. I.C.O.N.A. Madrid.
- SHERFFIERLD, M.C.; GAGNON, J.L.; JACK, S.B. & MCCONVILLE, D.J.; 2002. Phenological patterns of mature longleaf pine (*Pinus palustris* Miller) under two different soil moisture regimes. *Forest Ecol. Manag.* 129: 1-11.
- SHOETTLE, A.W. & SMITH, W.K.; 1991. Interrelation between shoot characteristics and solar irradiance in the crown of *Pinus contorta* ssp. *latifolia*. *Tree Physiol.* 9: 245-254.
- SPRUGEL, D.G.; BROOKS, J.R. & HINCKLEY, T.M.; 1996. Effects of light on shoot geometry and needle morphology in *Abies amabilis*. *Tree Physiol.* 16: 91-98.
- STENBERG, P.; KUULUVAINEN, T.; KELLOMAKI, S.; GRACE, J.C.; JOKELA, E.J. & GHOLZ, H.L.; 1994. Crown structure, light interception and productivity of pine trees and stands. *Ecol. Bull.* 43, 20-34.
- ZIMMERMANN, L. & FEGER, K.H.; 1997. Soil water regime at a spruce site in the Southern Black Forest - Measurements and modelling for the interpretation of tip-yellowing. *Zeitschrift Fur Pflanzaenernaehrung und Bodenkunde* 160: 141-149.