

# Fenología y crecimiento de *Pinus uncinata* y *Pinus sylvestris* en los Pirineos Centrales en el Periodo 1997-2000<sup>1</sup>

**Xavier Castells**

*Camp d'Aprenentatge Valls d'Àneu*

**Emília Gutiérrez**

*Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona*

**Pilar Llorens**

*Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera, CSIC*

## Introducción

El estudio de la fenología de las especies arbóreas sirve para entender la relación entre clima y crecimiento (SERRE-BACHET, 1976; CAMARERO et al., 1998). Esta relación es fundamental si queremos reconstruir el clima utilizando variables referidas al crecimiento estacional de los árboles, como es el ancho de los anillos de crecimiento (dendrocronología). El desarrollo del xilema es un proceso complejo de diferenciación celular (WODZICKI, 1971; LARSON, 1994). Por lo tanto, la estructura celular de un anillo de crecimiento (número y dimensión de las traqueidas) refleja tanto la influencia de factores internos —hormonas— como externos —clima— (CREBER y CHALONER, 1984).

Un análisis detallado de la fenología, incluyendo la duración y las tasas de crecimiento, puede de esta forma mejorar la reconstrucción climática en las áreas de montaña, donde faltan registros climáticos de periodos largos (más de 100 años). Además, los estudios fenológicos a largo plazo son bási-

1. Este trabajo fue posible gracias a una ayuda de la Generalitat de Catalunya y al proyecto de investigación CICYT FOR91-0689 del Plan Nacional I+D

cos para entender cómo cambia la relación crecimiento-clima a lo largo del tiempo.

Se ha estudiado la formación de anillos, el incremento del diámetro, la elongación de los brotes y el crecimiento de las acículas de dos de las especies de coníferas más abundantes en los Pirineos: el pino silvestre (*Pinus sylvestris*) y el pino negro (*Pinus uncinata*).

Se escogieron dos áreas de estudio diferentes en los Pirineos Centrales. La parcela de *P. sylvestris* estaba ubicada en el bosque de Arroze de Esterrí d'Àneu (42°36'N, 1°6'E) a una altitud de 1.400 m, y la parcela de *P. uncinata* estaba en el Valle de Ratera de Espot (42°35'N, 1°0'E) a una altitud de 1.200m (ver tabla 1).

## Metodología

Se van seleccionando y tomando datos, con una frecuencia aproximadamente semanal, excepto durante los meses de invierno, de ocho árboles de *P. uncinata* y diez de *P. sylvestris*. Desde 1997 se midió el incremento del diámetro utilizando dendrómetros de banda (Manual Band Dendrometer, Agricultural Electronics Corporation, Tucson, Arizona, USA; ver DAUBENMIRE, 1945; KEELAND y SHARITZ, 1993). También se midió la elongación de los brotes de cinco ramas dominantes de cuatro árboles de *P. sylvestris* y cinco ramas dominantes de tres árboles de *P. uncinata*. Desde 1998 además de los brotes se midió el crecimiento de las acículas. Finalmente, se midió el incremento de longitud de las piñas.

Para describir la formación del anillo de crecimiento, se contó el número de traqueidas añadidas con periodicidad semanal. Estas últimas muestras se obtuvieron con una barrena de Pressler. El testigo de madera (muestra cilíndrica de 10-15 cm de longitud y 5 mm de diámetro) se extraía semanalmente de tres ejemplares de cada una de las especies siguiendo un espiral a lo largo del tronco y a una distancia suficiente para que el crecimiento de cicatrización de la herida no tuviera ningún efecto sobre el crecimiento de la próxima muestra.

## Resultados

### Periodo y modelo de crecimiento

El incremento primavera de diámetro de tronco resultó tener lugar en un periodo de tiempo bastante coincidente con la elongación de los brotes.

Las acículas empiezan a crecer después de los brotes, cuando estos están a punto de alcanzar la mitad de su elongación. Las traqueidas se empiezan a formar mas tarde que las acículas (ver figuras 1 y 2).

### Periodo de crecimiento 1997-2000

El *Pinus sylvestris* empieza, de media, a crecer en perímetro 15 días antes que *P. uncinata*. El periodo de crecimiento de *P. sylvestris* es, de media, 22 días más largo que el de *P. uncinata* (ver tablas 2 y 3).

La tasa máxima de crecimiento de diámetro, se alcanza de media, 20 días antes en *P. sylvestris* que en *P. uncinata* y, en general, es menor en la segunda especie (ver tablas 4 y 5).

El crecimiento acumulado ( $f$ ) puede ser modelado de forma sencilla en función del tiempo ( $x$ , variable independiente). La dinámica de crecimiento acumulado en *P. sylvestris* puede ser descrita por una función de Gompertz de cuatro parámetros durante los años 1997, 1998 y 1999 [ $f = y_0 + a * \exp(-\exp(-(x - x_0) / b))$ ],  $R = 0,99$ ,  $P < 0,01$ ); y con una función sigmoideal para el año 2000 [ $f = y_0 + a / (1 + \exp(-(x - x_0) / b))^c$ ],  $R = 0,99$ ,  $P < 0,01$ ). En cambio la dinámica de crecimiento de *P. uncinata* queda descrita mejor con una función sigmoideal, ( $R = 0,99$ ,  $P < 0,01$ ), durante todo el periodo (ver tabla 6 y 7).

### Periodo de crecimiento de las traqueidas durante 1998-2000

*Pinus sylvestris* empieza a formar traqueidas de media diez días antes que *P. uncinata*. El periodo iniciado en la formación de traqueidas en *P. sylvestris* durante el año 1999 fue 29 días más largo que el de *P. uncinata* (ver tablas 8 y 9).

Respecto a la tasa máxima de la formación de traqueidas encontramos dos picos en las dos especies de pinos. Uno entre junio y julio y el segundo en agosto y principios de septiembre. El primer pico corresponde a la formación de madera temprana, en cambio el segundo corresponde a la formación de madera tardía. En el caso del pino silvestre la tasa máxima de formación de madera tardía fue superior a la de madera temprana. La tasa de crecimiento máximo de las primeras traqueidas del año 1999 tuvieron lugar 11 días antes en *P. sylvestris* que en *P. uncinata*, en cambio, y por el mismo año —si bien parece que la tasa máxima de formación de madera tardía empezó un mes antes en pino silvestre— cabe señalar que hay un tercer pico en el pino silvestre que coincide con la tasa máxima de pino negro (ver tablas 10 y 11).

La dinámica de formación de las primeras traqueidas de *P. sylvestris* durante el periodo 1998-2000 puede ser descrita por una función sigmoideal de cinco parámetros [ $f = y_0 + a / (1 + \exp(-(x - x_0) / b))^c$ ; 1998:  $R = 0,99$ ,  $P < 0,01$ ,  $n = 21$ ; 2000:  $R = 0,96$ ,  $P < 0,01$ ,  $n = 21$ ]. La formación de traqueidas tardías durante los años 1998-2000 puede ser descrita con una función sigmoideal de cuatro parámetros [ $f = y_0 + a / (1 + \exp(-(x - x_0) / b))$ ]; 1999:  $R = 0,98$ ,  $P < 0,01$ ,  $n = 21$ ; 2000:  $R = 0,93$ ,  $P < 0,01$ ,  $n = 21$ ]. La dinámica de formación de las primeras traqueidas de *P. uncinata* de 1999 queda descrita mejor con una función Gompertz de cuatro parámetros [ $f = y_0 + a * \exp(-\exp(x - x_0) / b)$ ];  $R = 0,98$ ,  $P < 0,01$ ,  $n = 14$ ] y durante el año 2000 queda mejor descrita con

una función sigmoïdal de cinco parámetros [ $f = y_0 + a * \exp(-\exp(-(x - x_0) / b))^c$ ;  $R = 0,99$ ,  $P < 0,01$ ,  $n = 14$ ]. La formación de traqueïdas tardías de 1999 y 2000 queda descrita mejor con una función de Gompertz de tres parámetros [ $f = a * \exp(-\exp(-(x - x_0) / b))$ ;  $R = 0,99$ ,  $P < 0,01$ ,  $n = 14$ ] (ver tablas 12 y 13).

### *Periodo de crecimiento de los brotes durante 1997-2000*

En el crecimiento de brotes podemos distinguir tres etapas. Una inicial (abril y mayo) con tasas de crecimiento bajas que suelen corresponder a un hinchamiento de los brotes que en principio no tendremos en cuenta para realizar los cálculos. La segunda corresponde al estiramiento de los brotes propiamente dicho con tasas de crecimiento muy altas. Y finalmente una última que corresponde a la formación de la nueva yema (a partir de julio en *P. sylvestris*, y en agosto en *P. uncinata*), que tampoco lo tendremos en cuenta para cuantificar el crecimiento del brote (ver figuras 1 y 2).

En el año 1997 se da una continuidad entre el primer bloque y el segundo con una pequeña disminuci3n en la tasa de crecimiento de las dos especies. En cambio en los años 1998 y 1999 encuentra un cese e incluso tasas negativas, fruto seguramente de heladas tardías. En el año 2000 volvemos a encontrar una continuidad entre el primer bloque y el segundo.

El cese y las tasas negativas de crecimiento negativo de los brotes entre 1998 y 1999 fueron causadas seguramente por heladas tardías. Por ejemplo, el mes de agosto de 1998 fue frío. De hecho, las temperaturas mínimas absolutas para el mes de agosto fueron muy bajas en 1998 [Esterri d'Àneu: 5°C (1997), 4°C (1998), 7°C (1999), 6°C (2000); Sort: 8°C (1997), 7°C (1998), 10°C (1999), 8°C (2000)]. En Sort, 1998 registraron la cuarta temperatura mínima en agosto para el periodo 1986-2000. En Vielha las temperaturas medias de las temperaturas mínimas diarias de agosto fueron: 13°C (1997), 12°C (1998) y 13°C (1999).

El periodo de elongaci3n de los brotes de *P. sylvestris* empieza, de media, cuatro días antes que en *P. uncinata*. El periodo de crecimiento de los brotes de *P. sylvestris* es 17 días más corto que *P. uncinata*. La tasa máxima de elongaci3n de los brotes tiene lugar 8 días antes en *P. sylvestris* que en *P. uncinata* (ver tablas 14 y 15).

La dinámïca de formaci3n de los brotes de *P. sylvestris* puede ser descrita por una función sigmoïdal de cinco parámetros ( $R = 0,99$ ,  $P < 0,01$ ,  $n_{97} = 23$ ;  $n_{98} = 26$ ;  $n_{99} = 20$ ). La dinámïca de formaci3n de los brotes de *P. uncinata* queda mejor descrita por una función sigmoïdal de cinco parámetros ( $R = 0,97 - 0,99$ ,  $P < 0,01$ ,  $n = 16-22$ ) aunque los años 1997 y 1999 haya algunos árboles que su crecimiento queda mejor descrito por una función de Gompertz de cuatro parámetros ( $R = 0,97-0,99$ ,  $P < 0,01$ ,  $n = 17-21$ ; ver tablas 16 y 17).

### *Periodo de crecimiento de las acículas durante 1998-2000*

El crecimiento de las acículas de *P. sylvestris* empieza nueve días antes en *P. sylvestris* que en *P. uncinata*. El crecimiento de las acículas de *P. sylvestris* es siete días más corto que *P. uncinata*. La tasa máxima de crecimiento de las acículas tiene lugar 12 días antes en *P. sylvestris* que en *P. uncinata* (ver tablas 18 y 19).

La dinámica de crecimiento de P. y P puede ser descrita por funciones sigmoideas ( $R = 0,99$ ,  $P < 0,01$ ,  $n = 14$  y  $n = 12$ ; ver tablas 20 y 21).

### **La formación de piñas**

#### *Pinus sylvestris (periodo 1998-1999)*

Las piñas del primer año empiezan a crecer en junio justo cuando los brotes cesan su crecimiento. Las piñas del primer año entraron en reposo el 17 de julio, una semana antes que cesara el crecimiento de las acículas. La tasa máxima de crecimiento de las piñas del primer año tuvo lugar el 2 de julio, coincidiendo con la de las acículas.

Las piñas del segundo año empezaron a crecer el 9 de mayo, coincidiendo con el inicio de elongación de los brotes, cesando de nuevo el 16 de julio, unos días después del cese de los brotes pero 15 días antes que el de las acículas. La tasa máxima de crecimiento de dio el 6 de junio, coincidiendo con la de los brotes (tabla 22).

#### *Pinus uncinata (periodo 1998-2000)*

Las piñas del primer año empezaron a crecer el 17 de julio, tanto el 1998 como el 1999, de media un día más tarde que la fecha de cese de los brotes. Las piñas del primer año entraron en reposo del 1 al 16 de agosto, aproximadamente cuando ya se había parado el crecimiento de las acículas. La tasa máxima de crecimiento se alcanzó el 17 de julio, coincidiendo con la de las acículas el 1998 y una semana antes el 1999.

Las piñas del segundo año empezaron a crecer, de media, el 3 de mayo, coincidiendo con el inicio de la elongación de los brotes el 2000 y una semana antes el 1999. El crecimiento cesó entre el 16 y el 25 de julio, coincidiendo el 1999 con el cese de los brotes y 18 días más tarde el 2000.

La tasa máxima de crecimiento tuvo lugar entre el 25 de junio y el 9 de julio, encontrándose entre el de los brotes y el de las acículas (tabla 23).

## Fenología

### *Pinus sylvestris*

Primero, tiene lugar el crecimiento de los brotes y el incremento en grosor del tronco, que como media lo situaremos el 2-3 de mayo. Acto seguido las acículas empiezan a alargarse hacia el 28 de mayo cuando los brotes están alrededor del 49% de su medida final. Las traqueidas empiezan a crecer 10 días más tarde, el 7 de junio, hecho que prácticamente coincide con la tasa máxima de elongación de los brotes.

Los brotes son los primeros en acabar su crecimiento, el 26 de junio, seguido de las acículas, el 30 de julio. Sin embargo, el incremento del diámetro cesa alrededor del 18 de julio, de forma provisional, para tener un nuevo pero modesto empuje a partir del 6 de agosto, a excepción del año 2000 debido a la falta de lluvias del mes de agosto. El incremento del diámetro cesa antes de octubre, dependiendo de las precipitaciones y de las primeras heladas.

Respecto a la formación de traqueidas encontramos que el 6 de agosto tuvo lugar el inicio de la formación de madera tardía que continúa hasta el 11 de octubre. El inicio de formación de madera tardía tuvo lugar 7 días después del final del crecimiento de las acículas.

### *Pinus uncinata*

El crecimiento de brotes empezó el 7 de mayo, 10 días antes que el incremento en grosor del tronco. Las acículas empiezan a alargarse cuando los brotes están alrededor del 51% de su medida final, 6 de junio. Las traqueidas empezaron a crecer el 17 de junio, 11 días más tarde que las acículas y 6 días después que los brotes alcanzaran la tasa máxima de elongación.

Los brotes son los primeros en acabar su crecimiento, 16 de julio, seguido de las acículas, 14 de agosto. Antes, no obstante, el incremento del diámetro cesa de forma provisional (alrededor del 1 de agosto), para tener un nuevo pero modesto empuje a partir del 5 de agosto a excepción del año 2000 debido a la falta de lluvias del mes de agosto. El incremento del diámetro cesa finalmente a más tardar alrededor del 29 de agosto, todo depende de las precipitaciones y de las primeras heladas.

La formación de la madera tardía empezó el 6 de agosto y continuó hasta el 10 de septiembre. El inicio de formación de la madera tardía tiene lugar 6 días después del final del crecimiento de las acículas.

## Discusión

La mayoría de los modelos matemáticos ajustados para describir el crecimiento acumulado fueron sigmoidales (perímetro, elongación de brotes y ací-

culas, número de traqueidas añadidas). Esto implica que existe una fase de crecimiento inicial, seguida por otra fase intermedia caracterizada por elevadas tasas de crecimiento hasta acercarse (fase final) a una asíndota o límite máximo de crecimiento. Las fases inicial y final de aceleración y ralentización del crecimiento son simétricas. En cambio, el modelo logístico de Gompertz se caracteriza por su asimetría, dado que muestra una fase inicial más rápida que la fase final (FRONTIER y PICHOD-VIALE, 1993). Esta función describió adecuadamente el crecimiento del perímetro del *P. sylvestris* y la formación de traqueidas de *P. uncinata*. Estos dos procesos serían, por consiguiente, caracterizadores por una fase inicial más rápida que la fase final, mientras que éstas fases serían simétricas para otros procesos estudiados (por ejemplo el crecimiento del perímetro de *P. uncinata*). Los procesos descritos por funciones de Gompertz puede relacionarse con la elevación primaveral de las temperaturas que no es simétrica a la caída de las temperaturas en otoño. Además, estas funciones han sido utilizadas con éxito para describir el crecimiento radial de *P. sylvestris* y *P. uncinata* (CAMARERO *et al.*, 1998).

El resumen de los datos de crecimiento (periodo y tasas máximas) de *P. sylvestris* y *P. uncinata* aparecen en la tabla 24. Para las dos especies, la secuencia fenológica de crecimiento, según el inicio de cada proceso es la siguiente: elongación de los brotes y las piñas y crecimiento en perímetro —elongación de las acículas— formación de traqueidas de la madera temprana— formación de traqueidas de la madera tardía. En cambio, la secuencia fenológica de crecimiento, según la tasa máxima de crecimiento de cada proceso, es la siguiente: crecimiento en perímetro y elongación de los brotes— crecimiento de las piñas— elongación de las acículas y formación de traqueidas de la madera tardía.

El periodo de crecimiento en perímetro fue mucho más largo en *P. sylvestris* (inicio de mayo hasta inicios de octubre) que en *P. uncinata* (mediados de mayo hasta finales de agosto). Fue lo mismo observar la formación de traqueidas de las maderas primeras y tardías. En cambio, los periodos de elongación de brotes y acículas fueron más extensos en *P. uncinata* que en *P. sylvestris* (tabla 24).

En general, la población de *P. uncinata*, situada a mayor altitud, muestra un retraso temporal respecto a la población de *P. sylvestris* en cuanto a la tasa máxima de crecimiento que oscila entre 10 (elongación de brotes y acículas, formación de traqueidas de madera tardía), 20 (crecimiento en perímetro, formación de traqueidas de la madera temprana) y hasta 30 días (crecimiento de las piñas). Todos estos resultados destacan el control de las temperaturas sobre el inicio y el momento en que se alcanza la tasa máxima de crecimiento. Estos datos coinciden en general con la bibliografía (KOZLOWSKI y PALLARDY, 1996) y además con estudios por las especies consideradas en los Pirineos Centrales (CAMARERO *et al.*, 1998).

La comparación entre los datos fenológicos y los estudios dendroclimatológicos producen resultados interesantes. Estos estudios han encontrado que elevadas temperaturas durante el mes de abril pueden avanzar el inicio del creci-

miento radial para *P. sylvestris*. Además, esta especie es susceptible de sufrir estrés hídrico, tal y como sugiere la estrecha relación positiva entre el ancho de sus anillos de crecimiento y la precipitación durante los meses junio y julio (RICHTER y ECKSTEIN, 1990). El desfase temporal entre clima y crecimiento puede explicar la relación entre elevadas temperaturas en abril y el inicio del crecimiento radial entre abril y mayo. Durante los meses de junio y julio se encuentran las tasas máximas de elongación de los brotes y de las acículas y de formación de traqueidas tempranas. Por ello, la precipitación parece afectar más al periodo de crecimiento y a la tasa media de crecimiento que no a la máxima.

En el caso de *P. uncinata* las temperaturas de mayo están muy relacionadas de forma positiva con el ancho de sus anillos de crecimiento (ROLLAND y FLORENCE-SCHUELLER, 1998; TARDIF, CAMARERO, RIBAS y GUTIÉRREZ (en preparación). Durante el mes de mayo empieza el crecimiento en perímetro de esta especie. Puede pensarse que las elevadas temperaturas pueden avanzar el inicio del crecimiento radial y favorecer altas tasas de fotosíntesis, lo que permite alcanzar altas tasas de crecimiento radial en junio. De nuevo, encontramos cierto desfase temporal entre clima y crecimiento.

## Conclusiones

Hemos puesto de manifiesto la secuencia temporal de crecimiento de diferentes compartimentos del árbol para *P. uncinata* y *P. sylvestris*. Primero, tiene lugar la elongación de los brotes, casi de forma simultánea al incremento en diámetro del tronco. Este incremento es consecuencia del inicio de circulación de savia por el tronco y no porque haya formación de traqueidas nuevas. También en este momento empiezan a crecer las piñas del año anterior. Cuando los brotes ya han alcanzado la mitad de su elongación tiene lugar el crecimiento de las acículas. Cuando los brotes han terminado su crecimiento y las acículas tienen la mitad de su longitud empieza la formación de nuevas traqueidas de madera temprana. En este momento empieza el crecimiento de las piñas del año en curso. La formación de madera temprana acabará prácticamente a la vez que el crecimiento de las acículas y las piñas nuevas. Después se forma la madera tardía, que no comporta un incremento en el grosor del anillo.

Superpuesto al crecimiento en grosor (formación del anillo) se producen oscilaciones en el diámetro del árbol debido a la hidratación/deshidratación de sus células. Durante la sequía estival suele haber una ligera disminución del diámetro. Diámetro que en parte se recuperará con las lluvias de finales de verano y una parte volverá a perderse con las primeras heladas de otoño.

En próximos trabajos analizaremos la relación entre el crecimiento de diferentes compartimentos y las condiciones climáticas, poniendo énfasis en los desfases que se producen.

## Bibliografía

- CAMARERO, J.J.; GUERRERO-CAMPO, J.; GUTIÉRREZ, E. (1998). «Tree-ring structure and growth of *Pinus uncinata* Ram. and *Pinus sylvestris* L. in the Central Spanish Pyrennes». *Arctic and Alpine Research*, 30, p. 1–10.
- CREBER, G.T.; CHALONER, W.G. (1984). «Influence of environmental factors on the wood structure of living and fossil trees». *The Botanical Review* [Nueva York], 50, p. 357–448.
- DAUBENMIRE, R.F. (1945). «An improved type of precision dendrometer». *Ecology* [Tempe, Arizona], 26, p. 97–98.
- FRONTIER, S.; PICHOD-VIALE, D. (1993). *Écosystèmes: structure, fonctionnement, évolution*. París: Masson.
- KEELAND, B.D.; SHARITZ R.R. (1993). «Accuracy of tree growth measurements using dendrometer bands». *Canadian Journal of Forest Research* [Ottawa], 23(11), p. 2454–2457.
- KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G., 1996. *Physiology of woody plants*. Nueva York: Academic Press.
- LARSON, P.R. (1994). *The vascular cambium. Development and structure*. Berlín: Springer-Verlag.
- RICHTER, K.; ECKSTEIN, D. (1990). «A proxy summer rainfall record for southeast Spain derived from living and historical pine trees». *Dendrochronologia*, 8, p. 67–82.
- ROLLAND, C.; FLORENCE-SCHUELLER, J. (1998). «Dendroclimatological synthesis on mountain pine (*Pinus uncinata* Mill. Ex Mirb.) in the Pyrenees and the Alps». *Écologie* [Montargis], 29, p. 417–421.
- SERRE-BACHET, F. (1976). «Les rapports de la croissance et du climat chez le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.)». *Oecologia Plantarum* [París], 11, p. 143–171.
- WODZICKI, T.J. (1971). «Mechanism of xylem differentiation in *Pinus sylvestris* L». *Journal of Experimental Botany* [Oxford], 22, p. 670–687.

**Tabla 1**  
**Características de los árboles en los dos lugares estudiados (Arrose, Ratera). Abreviaturas: Sp. y Núm. especie; DBH, diámetro a la altura del pecho (cm). Altura en metros. La fecha corresponde a la del primer muestreo para cada árbol.**

Fecha	Sp. y Núm.	Código	Localidad	Orientación	Pendiente	Altitud	DBHI	DHB sin corteza	Altura	Años, contando verticilos
24/10/96	<i>Pinus sylvestris</i>	Ps1	Arrose	N16°	32°	1.400	28,20	24,85	11,50	
24/10/96	<i>Pinus sylvestris</i>	Ps11	Arrose	N16°	32°	1.400	29,45	24,60	14,00	
24/10/96	<i>Pinus sylvestris</i>	Ps17	Arrose	N16°	32°	1.400	22,65	18,40	11,50	
24/10/96	<i>Pinus sylvestris</i>	Ps21	Arrose	N16°	32°	1.400	25,25	23,55	14,50	
24/10/96	<i>Pinus sylvestris</i>	Ps29	Arrose	N16°	32°	1.400	21,15	17,95	11,00	
24/10/96	<i>Pinus sylvestris</i>	Ps32	Arrose	N16°	32°	1.400	30,10	25,10	12,50	
24/10/96	<i>Pinus sylvestris</i>	Ps34	Arrose	N16°	32°	1.400	9,00	7,70	5,00	36
24/10/96	<i>Pinus sylvestris</i>	Ps35	Arrose	N16°	32°	1.400	4,20	3,95	2,60	22
24/10/96	<i>Pinus sylvestris</i>	Ps36	Arrose	N16°	32°	1.400	7,55	6,75	5,00	37
24/10/96	<i>Pinus sylvestris</i>	Ps37	Arrose	N16°	32°	1.400	9,40	8,60	5,25	35
25/10/96	<i>Pinus uncinata</i>	Pu1	Ratera-obaga	N350°		2.200	33,55	32,20		
25/10/96	<i>Pinus uncinata</i>	Pu2	Ratera-obaga	N350°		2.200	10,55	10,00		
25/10/96	<i>Pinus uncinata</i>	Pu3	Ratera-obaga	N350°		2.200	32,70	30,30		
25/10/96	<i>Pinus uncinata</i>	Pu4	Ratera-obaga	N350°		2.200	22,50	21,00		
25/10/96	<i>Pinus uncinata</i>	Pu5	Ratera-obaga	N350°		2.200	25,50	23,50		
25/10/96	<i>Pinus uncinata</i>	Pu6	Ratera-solana	N171°		2.200	21,15	19,90		
25/10/96	<i>Pinus uncinata</i>	Pu7	Ratera-solana	N171°		2.200	25,80	24,80		
25/10/96	<i>Pinus uncinata</i>	Pu8	Ratera-solana	N171°		2.200	26,40	24,95		
25/10/96	<i>Pinus uncinata</i>	Pu9	Ratera-solana	N171°		2.200	20,27	19,55		
25/10/96	<i>Pinus uncinata</i>	Pu10	Ratera-solana	N171°		2.200	38,30	36,70		

**Tabla 2**  
**Datos del crecimiento en perímetro y radial de *Pinus sylvestris* (inicio y fin de los crecimientos primaverales y veraniegos, número total de días de crecimiento acumulado, crecimiento radial acumulado por año)**

Pinus sylvestris										
DBH	días					total acumulado				
	inicio	inicio bis	final	inicio agosto	final agosto	total	total bis	total con agosto	total agosto	mm/año
1997	4/4/97		11/7/97	8/8/97	6/9/97	98		155	29	3,3
1998	15/5/98	28/3/98	9/7/98	4/8/98	9/10/98	55	103	147	66	2,6
1999	9/5/99		18/8/99		18/8/99	101		101		3,3
2000	12/5/00		3/7/00		3/7/00	52		52	0	2,4
Mediana	2/5		18/7	6/8	24/8	77	103	114		2,9

**Tabla 3**  
**Datos del crecimiento en perímetro y radial de *P. uncinata***  
**(inicio y fin de los crecimientos primaverales y veraniegos, número**  
**total de días de crecimiento acumulado, crecimiento radial**  
**acumulado por año)**

<i>Pinus uncinata</i>										
DBH	inicio	inicio bis	final	inicio agosto	final agosto	total	total bis	días		total acumulado
								total con agosto	total agosto	
1997	23/4/97		25/7/97	8/8/97	29/8/97	93		128	21	2,4
1998	2/6/98	28/4/98	24/7/98	2/8/98	22/8/98	52	87	81	20	2,9
1999	20/5/99	14/4/99	5/8/99		5/8/99	77	113	77		2,3
2000	23/5/00	12/4/00	12/8/00		12/8/00	81	122	81		2,4
Mediana	17/5	18/4	1/8	5/8	17/8	76	107	92	21	2,5

**Tabla 4**  
**Fecha y tasa máxima de crecimiento en diámetro**  
**(mm/día) para *P. sylvestris***

<i>Pinus sylvestris</i>	
Tasa máxima de crecimiento	
fecha	mm/día
9/5/97	0,060
30/5/98	0,053
6/6/99	0,074
2/6/00	0,064
27/5	0,063

**Tabla 5**  
**Fecha y tasa máxima de crecimiento en diámetro**  
**(mm / día) para *P. uncinata*.**

<i>Pinus uncinata</i>	
Tasa máxima de crecimiento	
fecha	mm/día
22/6/97	0,048
27/6/98	0,049
2/6/09	0,042
14/6/00	0,036
16/06	0,044

Tabla 6

**Funciones sigmoidales y parámetros (X0, Y0, a, b, c) ajustados para describir el crecimiento acumulado en perímetro de *P. uncinata*.  
Abreviaturas: Rsqr, R2 ajustado; n, número de datos.**

**Pinus uncinata**

año	Función	n	R	Rsqr	Rsqr	X0	Y0	a	b	c
96/97	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	29	0,9945	0,9889	0,9871	2450627,89	-0,0315	2,5184	20,416	0,734
97/98	$f=a/(1+\exp(-(x-x0)/b))$	23	0,9969	0,9939	0,9933	2451000,41		2,9626	23,860	
98/99	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	24	0,9934	0,9869	0,9842	2451367,00	-0,0255	2,1091	14,871	0,629
99/00	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	20	0,9777	0,9559	0,9442	2451752,22	-0,1336	1,8760	3,515	0,092

Tabla 7

**Funciones sigmoidales y parámetros (X0, Y0, a, b, c) ajustados para describir el crecimiento acumulado en perímetro de *P. sylvestris*.  
Abreviaturas: Rsqr R2 ajustado; n, número de datos.**

**Pinus sylvestris**

año	Función	n	R	Rsqr	Rsqr	X0	Y0	a	b	c
96/97	$f=y0+a*\exp(-\exp(-(x-x0)/b))$	54	0,9957	0,9914	0,9909	2450591,65	-0,0071	3,0930	26,826	
97/98	$f=y0+a*\exp(-\exp(-(x-x0)/b))$	51	0,9956	0,9913	0,9907	2450964,06	-0,1322	2,7719	31,580	
98/99	$f=y0+a*\exp(-\exp(-(x-x0)/b))$	50	0,9977	0,9954	0,9951	2451330,48	-0,0148	3,3474	26,712	
99/00	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	50	0,9946	0,9893	0,9884	2451720,11	-0,0293	2,8824	3,130	0,094

Tablas 8 y 9

**Datos (período y crecimiento acumulado) sobre la formación de traqueidas a *P. sylvestris* (Tabla 8) y *P. uncinata* (Tabla 9).  
Se dan los datos sobre el inicio y el fin general de formación de traqueidas y para la madera temprana (pri) y tardía (tar).**

Pinus sylvestris	días total acumulado				días total acumulado				días total acumulado			
	Traqueidas inicio	final	total	Cel/año	inicio pri	final pri	total	Cel/año	inicio tar	final tar	total	Cel/año
1998	14/6/98	9/10/98	117	18,6	14/6/98	24/7/98	40	12,3	10/8/98	9/10/98	60	6,2
1999	6/6/99	13/10/99	129	39,2	6/6/99	1/8/99	56	19,2	5/8/99	13/10/99	69	20,0
2000	2/6/00	18/8/00	77	49,8	2/6/00	4/8/00	63	41,9	4/8/00	18/8/00	14	16,8
Mediana	7/6	23/9	108	35,9	7/6	30/7	53	24,5	6/8	23/9	48	14,3

Pinus uncinata	días total acumulado				días total acumulado				días total acumulado			
	Traqueides	inicio	final	total	Cel/año	inicio pri	final pri	total	Cel/año	inicio tar	final tar	total
1999	20/6/99	10/9/99	82	79,2	20/6/99	5/8/99	27	52,2	2/8/99	10/9/99	19	23,2
2000	14/6/00	28/8/00	75	102,2	14/6/00	25/7/00	41	81,3	19/8/00	28/8/00	9	28,3
Mediana	17/6	3/9	79	90,7	26/6	30/7	34	66,8	20/8	3/9	14	25,8

**Tabla 10**  
**Fecha y tasa máxima de formación de traqueidas tempranas y tardías (células / día) en P. sylvestris.**

Pinus sylvestris			
Tasa máxima de crecimiento cel. primeras		Tasa máxima de crecimiento cel. tardías	
fecha	Cels/día	fecha	Cels/día
14/6/98	0,280	9/9/98	0,152
12/7/99	0,73	5/8/99	0,667
24/6/00	1,000	10/8/00	1,556
26/6	0,670	18/8	0,792

**Tabla 11**  
**Fecha y tasa máxima de formación de traqueidas tempranas y tardías (células / día) en P. uncinata.**

Pinus uncinata			
Tasa máxima de crecimiento cel. primeras		Tasa máxima de crecimiento cel. tardías	
fecha	Cels/día	fecha	Cels/día
27/7/99	1,881	3/9/99	1,542
7/7/00	2,346	28/8/00	2,222
15/7	2,114	31/8	1,882

**Tabla 12**  
**Funciones sigmoiales y parámetros (X0, Y0, a, b, c) ajustados para describir la formación de traqueidas en la madera temprana y tardía de P. sylvestris. Abreviaturas: Rsqr, R2 ajustado; n, número de datos.**

Pinus sylvestris										
año	Función	n	R	Rsqr	Rsqr	xo	YO	a	b	c
1998	Madera primera	$f = y0 + a / (1 + \exp(-(x-x0)/b))^c$	11	0,998	0,995	0,992	2450984,50	-0,4333	12,6201	6,3902 0,5575
1999	Madera primera	$f = y0 + a / (1 + \exp(-(x-x0)/b))^c$	21	0,987	0,973	0,967	2451383,74	-1,3171	21,6963	1,5065 0,0573
1999	Madera tardía	$f = y0 + a / (1 + \exp(-(x-x0)/b))$	21	0,984	0,968	0,962	2451423,07	-0,4014	19,8164	16,2217
2000	Madera primera	$f = y0 + a / (1 + \exp(-(x-x0)/b))^c$	21	0,956	0,915	0,894	2451740,00	-5,5083	37,3223	4,1406 0,1257
2000	Madera tardía	$f = y0 + a / (1 + \exp(-(x-x0)/b))$	21	0,931	0,866	0,842	2451769,81	-0,2403	16,1963	5,7327

**Tabla 13**  
**Funciones sigmoidales y parámetros (X0, Y0, a, b, c) ajustados para describir la formación de traqueidas de la madera temprana y tardía de *P. uncinata*. Abreviaturas: Rsqr, R2 ajustado; n, número de datos.**

**Pinus uncinata**

año	Función	n	R	Rsqr	Rsqr	x0	Y0	a	b	c
1999	Madera primera	$f=y0+a*\exp(-\exp(-(x-x0)/b))$	14	0,979	0,959	0,947	2451364,69	-4,7998	64,5357	16,4992
1999	Madera tardía	$f=a*\exp(-\exp(-(x-x0)/b))$	14	0,995	0,991	0,989	2451413,65		26,3219	8,4306
2000	Madera primera	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	14	0,991	0,981	0,973	2451739,53	-6,1181	84,3564	2,6335 0,1515
2000	Madera tardía	$f=a*\exp(-\exp(-(x-x0)/b))$	14	0,997	0,994	0,992	2451777,20		30,4101	4,1734

**Tabla 14**  
**Período de elongación, crecimiento acumulado y tasa máxima de crecimiento de los brotes de *P. sylvestris*.**

**Pinus sylvestris**

días total acumulado tasa máxima de crecimiento

Brotos	inicio	final	total	cm/año	fecha	cm/día
1997	2/5/97	20/6/97	49	6,4	30/5/97	0,167
1998	8/5/98	2/7/98	55	6,8	6/6/98	0,253
1999	9/5/99	23/6/99	45	4,9	6/6/99	0,167
2000	24/4/00	24/6/00	61	5,3	2/6/00	0,210
Mediana	3/5	24/6	53	5,9	3/6	0,199

**Tabla 15**  
**Período de elongación, crecimiento acumulado y tasa máxima de crecimiento de los brotes de *P. uncinata*.**

**Pinus uncinata**

días total acumulado tasa máxima de crecimiento

Brotos	inicio	final	total	cm/año	fecha	cm/día
1997	7/5/97	1/8/97	86	2,3	12/6/97	0,035
1998	6/5/98	9/7/98	64	2,2	9/6/98	0,034
1999	13/5/99	16/7/99	64	1,8	9/6/99	0,27
2000	3/5/00	7/7/00	65	2,4	14/6/00	0,029
Mediana	7/5	16/7	70	2,2	11/6	0,031

Tabla 16

**Funciones sigmoïdales y parámetros (X0, Y0, a, b, c) ajustados para describir la elongación de los brotes de P. sylvestris. Abreviaturas: Rsqr, R<sup>2</sup> ajustado; n, número de datos. En la primera columna se dan los cuatro árboles seleccionados (Ps34, Ps35, Ps36 y Ps37) para describir su crecimiento longitudinal acumulado en tres años (1997, 1998 y 1999).**

Pinus sylvestris	Función	n	R	Rsqr	Rsqr	X0	Y0	a	b	c
Ps34-1997	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	23	0,996	0,992	0,990	2487134,61	0,7789	4,4882	2,6288	0,0874
Ps35-1997	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	23	0,999	0,998	0,998	2487137,38	1,0449	9,2558	3,9213	0,1464
Ps36-1997	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	23	0,997	0,993	0,992	2487128,21	0,6555	2,7671	5,6080	0,1911
Ps37-1997	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	23	0,998	0,996	0,996	2487129,85	0,8377	4,7926	4,5379	0,1675
Ps34-1998	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	26	0,999	0,998	0,998	2487498,67	0,9435	3,5943	3,7503	0,2820
Ps35-1998	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	26	1,000	0,999	0,999	2487499,64	1,2590	13,8812	5,2903	0,3776
Ps36-1998	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	26	0,997	0,993	0,992	2487498,00	0,6378	2,3912	1,1403	0,0862
Ps37-1998	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	26	0,998	0,995	0,994	2487503,17	0,8485	3,6243	3,5011	0,1733
Ps34-1999	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	20	0,999	0,998	0,997	2487860,25	0,7388	2,5540	2,9910	0,1875
Ps35-1999	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	20	0,999	0,999	0,998	2487862,23	1,1671	9,2407	2,3465	0,1910
Ps36-1999	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	20	0,996	0,992	0,990	2487860,81	0,4496	1,7101	4,0827	0,2301
Ps37-1999	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	20	0,996	0,992	0,989	2487860,56	0,6604	3,5256	2,6769	0,1734

Tabla 17

**Funciones sigmoïdales y parámetros (X0, Y0, a, b, c) ajustados para describir la elongación de los brotes de P. uncinata. Abreviaturas: Rsqr, R<sup>2</sup> ajustado; n, número de datos. En la primera columna se dan los cuatro árboles seleccionados (Ps34, Ps35, Ps36 y Ps37) para describir su crecimiento longitudinal acumulado en tres años (1997, 1998 y 1999).**

Pinus uncinata	Función	n	R	Rsqr	Rsqr	X0	Y0	a	b	c
Pu2-1997	$f=y0+a*\exp(-\exp(-(x-x0)/b))$	17	0,979	0,959	0,950	2487130,18	0,7733	1,1357	34,3200	
Pu3-1997	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	16	0,976	0,952	0,935	2487157,90	0,9445	1,1509	8,3487	0,2097
Pu9-1997	$f=y0+a*\exp(-\exp(-(x-x0)/b))$	17	0,993	0,986	0,983	2487131,61	1,0002	1,7808	45,5726	
Pu2-1998	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	17	0,995	0,990	0,986	2487520,55	0,6991	1,1161	5,6316	0,2678
Pu3-1998	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	17	0,987	0,973	0,964	2487503,14	0,9441	0,9834	16,1540	0,8406
Pu9-1998	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	18	0,995	0,989	0,986	2450986,07	1,2810	1,7623	4,7150	0,1647
Pu2-1999	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	21	0,981	0,963	0,956	2487875,64	0,5839	1,3334	20,9491	1,0000
Pu3-1999	$f=y0+a*\exp(-\exp(-(x-x0)/b))$	17	0,978	0,957	0,947	2487858,56	0,6915	0,9935	33,5678	
Pu9-1999	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	22	0,997	0,994	0,993	2451351,85	0,7549	2,1936	5,6715	0,2035

**Tabla 18**  
**Período de elongación, crecimiento acumulado y tasa máxima de crecimiento de las acículas de *P. sylvestris*.**

Pinus sylvestris		días total acumulado		tasa máxima de crecimiento		
Hojas	inicio	final	totales	mm/año	fecha	mm/día
1998	30/5/98	24/7/98	55	27,5	2/7/98	0,735
1999	28/5/99	1/8/99	65	36,5	5/7/99	0,770
2000	28/5/00	4/8/00	68	29,2	3/7/00	0,681
Promedio	28/5	30/7	63	31,1	3/7	0,729

**Tabla 19**  
**Período de elongación, crecimiento acumulado y tasa máxima de crecimiento de las acículas de *P. uncinata*.**

Pinus uncinata		días total acumulado		tasa máxima de crecimiento		
Hojas	inicio	final	total	mm/año	fecha	mm/día
1998	2/6/98	10/8/98	69	41,1	17/7/98	0,893
1999	2/6/99	22/8/99	81	44,8	23/7/99	0,893
2000	14/6/00	12/8/00	59	42,6	7/7/00	0,998
Promedio	6/6	14/8	70	42,8	15/7	0,928

**Tabla 20**  
**Funciones sigmoidales y parámetros (X0, Y0, a, b, c) ajustados para describir la elongación de las acículas de *P. sylvestris*.**

Abreviaturas: Rsqr, R<sup>2</sup> ajustado; n, número de datos.

En la primera columna se dan los cuatro árboles seleccionados (Ps34, Ps35, Ps36 y Ps37) para describir su crecimiento longitudinal acumulado en tres años (1997, 1998 y 1999).

Pinus sylvestris	Función	n	R	Rsqr	Rsqr	X0	Y0	a	b	c
Ps34-1998	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	14	0,999	0,998	0,997	2450991,21	3,6150	25,8031	9,1108	0,9519
Ps35-1998	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	14	0,999	0,999	0,998	2450991,45	6,9813	34,4768	8,7155	1,1280
Ps36-1998	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	14	0,996	0,992	0,988	2450994,26	3,0729	20,6364	3,6449	0,7956
Ps37-1998	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	14	0,997	0,994	0,992	2450986,79	3,0707	21,7694	8,1898	1,2028
Ps34-1999	$f=a/(1+\exp(-(x-x0)/b))$	12	0,997	0,994	0,993	2451351,45		34,7791	13,6013	
Ps35-1999	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	12	0,998	0,995	0,992	2451351,65	-0,2558	41,9089	12,6252	1,1504
Ps36-1999	$f=a/(1+\exp(-(x-x0)/b))$	12	0,999	0,998	0,997	2451351,39		41,4302	12,0637	
Ps37-1999	$f=a/(1+\exp(-(x-x0)/b))$	12	0,996	0,992	0,990	2451348,44		29,2692	12,0602	

**Tabla 21**

**Funciones sigmoidales y parámetros (X0, Y0, a, b, c) ajustados para describir la elongación de las acículas de P. uncinata.**

**Abreviaturas: Rsqr, R<sup>2</sup> ajustado; n, número de datos.**

**En la primera columna se dan los cuatro árboles seleccionados (Ps34, Ps35, Ps36 y Ps37) para describir su crecimiento longitudinal acumulado en tres años (1997, 1998 y 1999).**

Pinus uncinata	Función	n	R	Rsqr	Rsqr	X0	Y0	a	b	c
Pu2-1998	$f=a/(1+\exp(-(x-x0)/b))$	12	0,998	0,996	0,995	2451005,78	37,3412	10,6254		
Pu3-1998	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	12	0,998	0,996	0,994	2451004,39	-0,1716	40,9654	10,2394	0,9363
Pu9-1998	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	13	0,999	0,998	0,997	2451009,13	-0,0535	46,0796	6,5862	0,4003
Pu2-1999	$f=a/(1+\exp(-(x-x0)/b))$	11	0,996	0,996	0,995	2451375,78	44,0362	12,9603		
Pu3-1999	$f=y0+a/(1+\exp(-(x-x0)/b))^c$	11	0,998	0,998	0,997	2451368,98	0,2491	47,4047	11,6214	1,0043
Pu9-1999	$f=y0+a*\exp(-\exp(-(x-x0)/b))$	11	0,999	0,999	0,998	12451366,19	-0,5897	51,2820	11,8104	1,0000

**Tabla 22**

**Período de crecimiento, crecimiento acumulado y tasa máxima de crecimiento de las piñas de P. sylvestris.**

Pinus uncinata	días			tasa máxima				días				tasa máxima				
	piñas	inicio	final	total	mm/año	fecha	mm/día	inicio	total	mm/año	fecha	mm/día	total	mm/año	fecha	mm/día
1998-1999	2/7/98	17/7/98	15	9,0	2/7/98	0,120	9/5/99	16/7/99	68	32,3	6/6/99	0,596				

**Tabla 23**

**Período de crecimiento, crecimiento acumulado y tasa máxima de crecimiento de las piñas de P. uncinata.**

Pinus uncinata	días			tasa máxima				días				tasa máxima				
	piñas	inicio	final	total	mm/año	fecha	mm/día	inicio	total	mm/año	fecha	mm/día	total	mm/año	fecha	mm/día
1998-99	17/7/98	16/8/98	30	12,8	17/7/98	0,210	5/5/99	16/7/99	72	47,3	9/7/99	0,773				
1999-00	17/7/99	1/8/99	15	11,4	17/7/99	0,184	3/5/00	25/7/00	83	42,2	25/6/00	0,774				

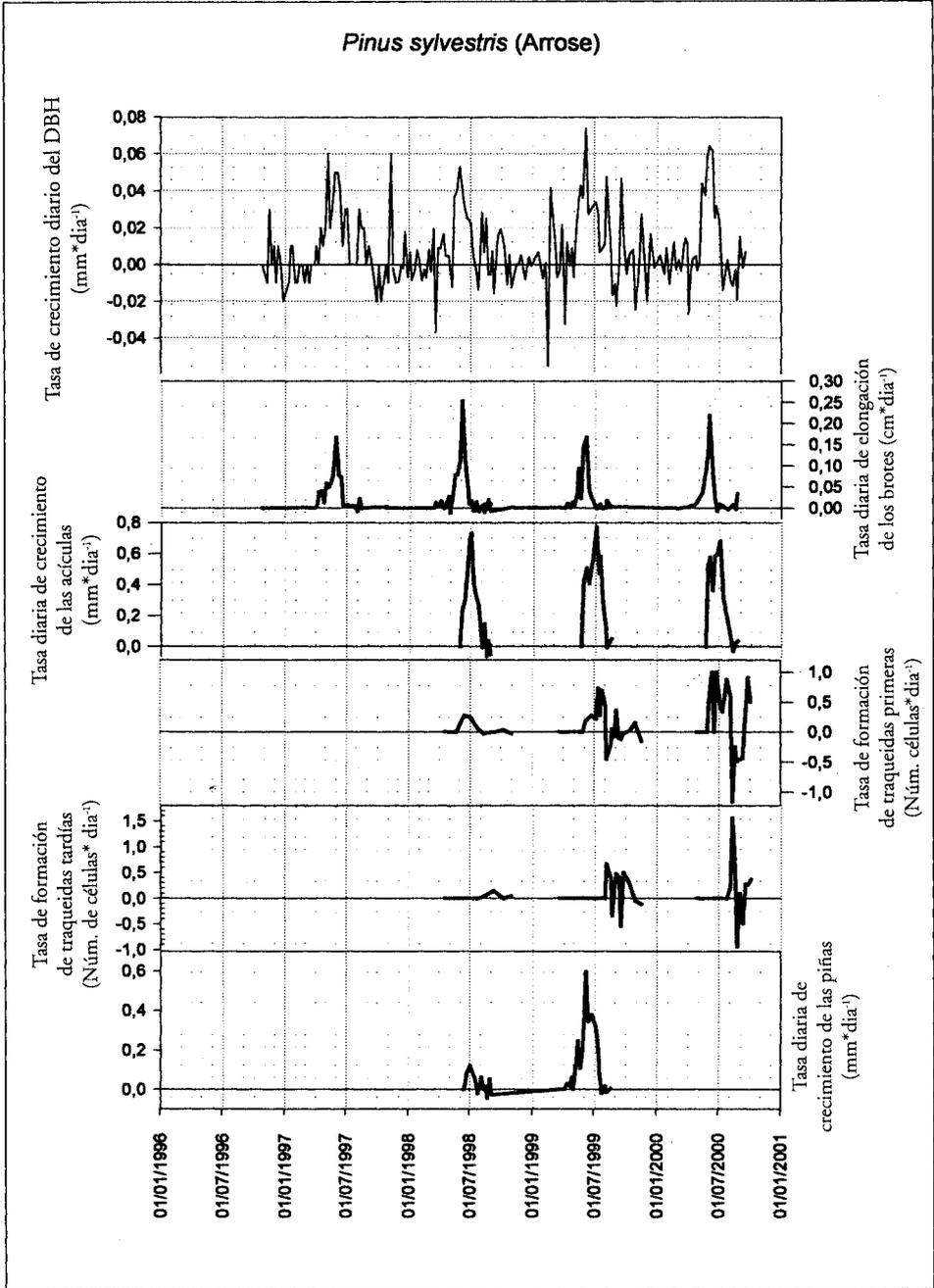
Tabla 24

Resumen fenológico de los datos de crecimiento (período y tasas máximas) de *P. sylvestris* y *P. uncinata*. Símbolos: x: crecimiento; X: tasa máxima de crecimiento. Los meses se han dividido aproximadamente en períodos de 10 días. Abreviaturas: P-Traq.: traqueidas de la madera temprana; T-Traq.: traqueidas de la madera tardía.

Los datos de las piñas corresponden a 1999.

<i>Pinus sylvestris</i>							
	abril	mayo	junio	julio	agosto	setiembre	octubre
Díámetro	x x X	x x x	x x x	x x x	x x x	x x x	x x x
Brotes	x x x	X x x					
Acículas		x x x	x x	X x x			
P-Traq.			x x X	x x x			
T-Traq.					x X	x x x	x
Piñas		x x x	X x x	x x			
<i>Pinus uncinata</i>							
	abril	mayo	junio	julio	agosto	setiembre	octubre
Díámetro		x x x	X x x	x x x	x x x		
Brotes		x x x	x X	x x x			
Acículas		x x x	x x	X x x	x		
P-Traq.			x x	X x			
T-Traq.					x X	x	
Piñas		x x x	x x x	X x			

**Figura 1**  
**Crecimiento relativo (tasas) de P. sylvestris. De arriba a abajo:**  
**crecimiento en perímetro, elongación de los brotes, elongación de las**  
**acículas, formación de traqueidas tempranas, formación de traqueidas**  
**tardías y crecimiento de las piñas**



**Figura 2**  
**Crecimiento relativo (tasas) de *P. uncinata*. De arriba a abajo:**  
**crecimiento en perímetro, elongación de los brotes, elongación de las**  
**acículas, formación de traqueidas tempranas, formación de traqueidas**  
**tardías y crecimiento de las piñas**

