

FENOLOGIA DE *Pinus pinea* L. EN UN BANCO CLONAL (VALLADOLID)

S. MUTKE⁽¹⁾; J. GORDO⁽²⁾; L. GIL⁽¹⁾

⁽¹⁾ ETSIM Madrid, Unidad de Anatomía, Fisiología y Genética Forestal
Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid

⁽²⁾ Junta de Castilla y León, Servicio Territorial de Medio Ambiente
c/Duque de la Victoria 5, 47001 Valladolid

S.MUTKE@forestales.org

RESUMEN

Se presenta la caracterización fenológica de un banco clonal de pino piñonero (*Pinus pinea* L.) situado en la provincia de Valladolid, basada en el seguimiento durante cuatro períodos vegetativos de una muestra de pinos injertados. Se registraron los procesos de crecimiento y desarrollo de las diferentes formaciones vegetativas y reproductivas. Se ha constatado la presencia de brotes de verano en árboles jóvenes y vigorosos de pino piñonero. La fenología está estrechamente ligada a la integral térmica, lo que permite predecirla con cierto adelanto para planificar las tareas de mejora.

P. C.: pino piñonero, fenología

SUMMARY

PHENOLOGY OF A *PINUS PINEA* L. CLONE BANK IN CENTRAL SPAIN

The phenology in a stone-pine clone bank in Valladolid (Central Spain) was studied by the measurement of shoot growth, flowering phenology and cone growth during four years. Summer shoots are observed in dominant branches of young trees of this species. The dependence from the amount of day degrees in the phenology of shoot, flower and cone development permits some phenological prediction used for improve the clone bank management and the apply of breeding techniques.

K. W.: *Pinus pinea*, phenology

INTRODUCCION

El pino piñonero tiene una amplia distribución circunmediterránea, aunque las principales masas forestales productoras del piñón comestible de la especie se sitúan en la Península Ibérica. Una de las regiones con mayor tradición piñera es la Meseta Norte, donde el piñonero está presente en la Tierra de Pinares entre Valladolid, Segovia y Avila. Se distingue de las masas costeras de la especie por su altitud y continentalidad, que imponen al clima supramediterráneo unos inviernos prolongados y una marcada oscilación térmica. Debido a estas diferencias climáticas, las procedencias del interior de la Península no permiten la translación directa del ciclo fenológico y del desarrollo seminal de la especie descrito por Abellanas (1990) para una parcela situada en Benicasim (Castellón) en la costa mediterránea, sino que requieren observaciones de campo propias para adoptar el calendario de estos procesos.

El tipo de crecimiento y ramificación de los árboles del género *Pinus* se define por ciclos o entrenudos sucesivos. Muchos pinos europeos elongan un solo ciclo primaveral, coronado antes de verano por un verticilo de nuevas yemas y flores femeninas, aunque especies mediterráneas como *Pinus pinaster* AIT. o *Pinus halepensis* MILL. pueden mostrar un comportamiento policíclico. A *Pinus pinea* L. se atribuye un monociclismo estricto.

Por último, conviene destacar la importancia atribuida en la bibliografía a la temperatura como reguladora del desarrollo vegetativo. De Candolle introdujo en 1855 el concepto de la integral térmica o suma de calor, definida por la cantidad de calor acumulada por encima de cierto umbral de actividad fisiológica t_0 . Su unidad es el producto *grado día* (°d) que se calcula restando de la temperatura media diaria t la temperatura umbral t_0 y sumando estos valores diarios durante el ciclo de desarrollo de la planta. Es una aproximación rectangular para intervalos de 24 horas a la integral de la curva de variación termométrica a lo largo del día, tomando como eje de referencia la temperatura umbral t_0 . Sarvas (1972, cit. en Chung, 1981) ha desarrollado modelos basados en escalas de grados día que permiten relacionar la fenología de árboles forestales con intervalos de calor acumulado. Para cada especie, la temperatura umbral puede variar.

En un trabajo previo (Mutke, 2000), al comparar la fórmula rectangular de De Candolle y una aproximación triangular con la curva real (medida a intervalos de 30 minutos en una estación automática), la segunda da sensiblemente mejores resultados, debido a que permite computar fracciones de grados día (o *GDH*, *growing degree hours*) en los días en los que el umbral no es superado por la media diaria, pero sí por las temperaturas máximas M a mediodía ($t \leq t_0 \leq M$). También resulta más precisa en el caso de que solamente la mínima m quede por debajo del umbral ($m \leq t_0 \leq t$). De hecho, estas diferencias tienen tanto mayor importancia, cuanto mayor sea la oscilación térmica diaria, propia de climas continentales. Por el contrario, el valor de las dos aproximaciones es idéntico cuando incluso la mínima supera el umbral ($m \geq t_0$), y por definición, las dos son iguales a cero cuando ni la máxima supera el umbral ($M \leq t_0$). Con una duración de día $d=24$ horas ($1^\circ\text{d} = 24$ GDH), el tiempo por encima de t_0 se interpola para la aproximación triangular de la integral térmica real, y se obtiene la fórmula de *GDH* diarias para el caso $m \leq t_0 \leq M$:

$$GDH = \frac{(M - t_0)^2}{2 \cdot (M - m)} \cdot d$$

En el estudio citado, se encontró que la aproximación triangular mantiene una relación muy constante con la integral térmica real para una amplia gama de temperaturas umbrales entre 0° y 12°C , con coeficientes de correlación siempre mayores a 0,99 y coeficientes de determinación $r^2 > 0,98$. La fórmula rectangular resultó ser un peor predictor del valor real; para los días primaverales con el umbral térmico situado entre la máxima y la mínima su coeficiente r^2 baja hasta un 0,90.

Los objetivos del presente trabajo son la determinación de la fenología del pino piñonero en la región de procedencia Meseta Norte, mediante su seguimiento detallado en una muestra de injertos y la comprobación de los resultados en otros pinos injertados y sin injertar, su comparación con los antecedentes de otra parcela injertada de la especie situada en la costa mediterránea, y el estudio de la relación que la fenología guarde con la meteorología del año.

MATERIAL Y METODOS

En 1997 se inició el estudio fenológico del pino piñonero en la Meseta Norte, eligiendo como muestra una serie de injertos, por la facilidad de medición al acceder desde el suelo a los ápices de sus copas bajas. Estos pinos injertados forman parte del Banco Clonal *Meseta Norte I* del “Programa de Mejora Genética de *Pinus pinea* para la producción de fruto” de la Junta de Castilla y León. Esta parcela se plantó entre 1992 y 1993 con árboles injertados en 1991, y se localiza a $4^\circ 20' \text{ W}$, $41^\circ 35' \text{ N}$ y 890 m de altitud, en el término de Quintanilla de Onésimo, Valladolid. En los años 1999 y 2000 se ha completado el seguimiento fenológico de la muestra con mediciones simultáneas en otros injertos del banco, en pinos adultos no injertados del mismo monte y en otras parcelas con y sin injertar de la provincia, para evaluar la representatividad de los resultados obtenidos. Cada año se realizó en todos los injertos del banco clonal un conteo de flores y piñas, anotando también la presencia de brotes anticipados. Los resultados se comparan con observaciones hechas en pinos jóvenes (15-30 años) y adultos (>30 a.) de los montes de la región entre 1997 y 2000.

Desde 1997 se han realizado los siguientes conteos y mediciones en una muestra de 27 ápices, pertenecientes a 9 ramets de 3 clones del banco clonal: elongación del brote, crecimiento de los estróbilos en su tercer año, estados fenológicos de los brotes con flores femeninas (definiciones en tabla 1), junto a la toma de las variables meteorológicas en una estación automática ubicada en la misma parcela. La frecuencia de las mediciones en la muestra fue en un principio semanal durante la primavera y mensual durante el verano, aunque en la época de mayor desarrollo (mayo, junio) se midió dos veces por semana.

Para el cálculo de la integral térmica se utilizó la aproximación triangular a la curva termométrica diaria, discutida anteriormente. Como fecha de inicio del computo, se adoptó el 1 de

febrero de cada año (día juliano 32), fecha convencional para los cultivos frutícolas en la cuenca central del Duero. Respecto al umbral mínimo t_0 a descontar, se ha analizado la relación que guardan las curvas referidas a diferentes umbrales entre 0° y 12°C con las curvas de crecimiento y el desarrollo de los órganos de los pinos, para determinar el valor más indicado para la especie.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se presentan las curvas medias y los valores extremos de la elongación de los 27 brotes, indicando además el crecimiento del primer ciclo. En 1997 y 1998 se aprecia un crecimiento de verano, ausente en 1999 y menos pronunciado en 2000. En 1997, diez de los 27 ápices formaron un segundo verticilo, en 1998 dos. Como primer resultado destaca por lo tanto la observación de una segunda brotación en verano, a partir de la yemas recién formadas en junio. En 1997, se observó este fenómeno en numerosos ápices, concretamente en los más vigorosos, tanto en los injertos, como en otros pinos jóvenes. Al contrario, según decrece el vigor vegetativo del ápice, sea por una posición sobre una ramificación lateral de mayor orden, menos dominante en la copa, o sobre un árbol más viejo, es menos frecuente la presencia de esta brotación de verano. En estos cuatro años, en árboles de más de treinta años de edad no se han constatado segundas metidas. Además, los ápices con brote de verano en un año no forman necesariamente otro en el siguiente, dependiendo de las condiciones ambientales. Así, en el verano húmedo de 1997, 176 injertos (el 30% de los 587 ramets del banco clonal) presentaron algún ápice con segunda metida, en 1998 eran 96 (16%), mientras en el año seco 1999 se observó uno solo. En la Tabla 2 se presentan los valores característicos del crecimiento de los 27 brotes en cuatro años.

En los injertos y algún árbol adulto joven sin injertar se ha observado ocasionalmente una segunda floración femenina en pleno estío (en 1997, en 111 ramets del banco, el 19% del total; en 1998, en sólo 4 clones), aunque por falta de floración masculina simultánea no se poliniza y no puede prosperar. Tanto en los injertos como en árboles sin injertar y vigorosos de menos de treinta años, se pueden observar estados intermedios entre un ápice monocíclico con yema terminal y un eventual brote de verano completamente desarrollado y coronado por el verticilo de yemas laterales y flores y una nueva yema terminal. Se han observado desde una yema ligeramente hinchada hasta parcial o completamente elongada, sin o con acículas. Como norma, este desarrollo tiene lugar casi seguido al primer ciclo y se para en condiciones desfavorables del medio. Por ejemplo, en el verano húmedo 1997 la parada no ocurrió en algunos ápices antes de septiembre, ya en plena elongación de la tercera yema. El crecimiento no suele reanudarse hasta la primavera siguiente.

Esta anticipación parcial o completa del desarrollo del brote a partir de la yema terminal, más la presencia de flores femeninas en cualquiera de los ciclos, permite interpretar este comportamiento de los ápices vigorosos de *Pinus pinea* como brotes anticipados. Sus yemas uninodales muestran así cierta plasticidad ecológica de desarrollarse en condiciones favorables precozmente en el mismo verano, en vez del desborre normal en la primavera siguiente. Este mecanismo permite al pino aprovechar las condiciones ambientales favorables de algunos años y compensar la predeterminación de la longitud del primer ciclo (L1) fijado en la formación de su yema del año anterior. Al respecto de este último, se ha observado en los 27 ápices una relación estrecha de la longitud media L1 del año respecto a la precipitación de junio del año anterior (P6). La regresión lineal entre estos valores, reflejados en la Tabla 2, da un coeficiente de determinación r^2 de 99,2%. Sin embargo, no se debe sobreinterpretar este valor, ya que como regresión lineal sobre cuatro pares de datos tiene escasos grados de libertad. Además, aunque las yemas terminales del primer ciclo se han formado en junio, las yemas que coronaron a los ocasionales brotes de verano y también se elongaron el año siguiente, se han formado en los meses siguientes.

En la Figura 2 se han sobrepuesto las curvas sólo del primer ciclo, excluyendo los crecimientos de verano para facilitar la lectura. Para compensar la diferente longitud final de los brotes entre años, se compara en la Figura 3 este primer ciclo expresado en porcentaje de su incremento final, frente a la suma de grados día por encima de 0°C. Este umbral resultó ser la temperatura más explicativa para la especie y dio el menor coeficiente de variación entre sumas de grados día entre años para los mismos estados fenológicos. En la Figura 3 se observa una curva prácticamente común entre años que destaca frente a las hasta tres semanas de desfase a escala temporal sin ponderación por la temperatura, mostradas en la figura 2. Es solamente el año 1997 que por los efectos de una helada tardía acaecida el 8 de mayo muestra un retraso en el desarrollo de sus

ápices respecto a la integral térmica (Figura 3). Una patrón aún más estable que en los ápices se ha obtenido entre el crecimiento relativo de la piña en su tercer y definitivo año con la integral térmica por encima de 0°C, reflejado en la Figura 4 para la muestra de 27 brotes.

Los estados fenológicos (Figura 5) de las flores femeninas están muy relacionados con el desarrollo del brote sobre el que se asientan, al iniciarse el estado D (yemas reproductivas se hinchan) en el momento de alcanzar el brote el 50% de su crecimiento del año, el estado F de plena floración (receptividad) al 95% y el estado G (estróbilo cuajado) al 100% de la elongación del brote, con 850, 1.120 y 1.330 °d acumulados, respectivamente. Las sumas de grados día son parecidas entre años ($\pm 3\%$ para la entrada en el estado D, $\pm 4\%$ para el estado F, $\pm 6\%$ para el estado G), y el momento observado de entrada en cada estado ha distado en estos años como mucho 4 días del momento de alcanzar el valor medio de grados día indicado, mientras a escala temporal, las diferencias eran de 11 a 20 días: para el estado D entre el 2 de mayo en 1997 y el 22 de mayo en 1999, para la plena floración F entre el 29 de mayo de 1997 y el 10 de junio de 1999, para el cuajado G entre el 11 de junio en 1997 y el 22 de junio en 1999.

Los resultados obtenidos en la muestra de 27 ápices se han mostrado consistentes en el conjunto de clones del Banco, todos ellos procedentes de la provincia de Valladolid, y en los otros pinos muestreados durante los últimos 2 años, con solapes amplios de la fase F de receptividad entre árboles del mismo punto de muestreo (resultados no incluidos en las tablas). Esta sincronización indica la representatividad de los resultados obtenidos en los injertos para la región de procedencia Meseta Norte. Además, el vuelo de polen de los pies con flores masculinas coincide con esta fase central de la anthesis femenina.

Este alto grado de control que ejerce la temperatura sobre el desarrollo primaveral de los órganos en crecimiento del pino facilita la planificación de las diferentes labores de manejo y mejora al permitir su predicción en base al registro termométrico. Esta dependencia del desarrollo vegetal explica también la época de floración más tardía (mayo a junio) en el interior de la Península frente a estaciones más benignas de la costa mediterránea (Tabla 3). Para contrastar la estabilidad de los valores de sumas de grados día obtenidos en la Meseta Norte, en el año 2001 se ha planificado una ampliación del estudio a parcelas situadas en Madrid y Castellón que cuentan con ramets de algunos genotipos idénticos con el banco clonal original de Valladolid.

CONCLUSIONES

La fenología del pino piñonero observada en un Banco Clonal de la Meseta Norte, la procedencia más continental y fría de la especie, ha permitido precisar algunos aspectos de su desarrollo vegetativo y reproductivo. Por un lado, se han medido unos crecimientos posteriores a la elongación del brote de primavera, formándose con frecuencia un completo segundo ciclo, o brote de verano, coronado por otro verticilo de yemas laterales vegetativas e incluso reproductivas. Estos fenómenos se limitan a los ápices dominantes y vigorosos.

Por otro lado, la velocidad de los procesos de crecimiento y desarrollo se muestra regulada muy fuertemente por la integral térmica. Las curvas y estados varían en semanas entre años pero permanecen casi constantes frente a la suma de grados día por encima de 0°C.

BIBLIOGRAFIA

- ABELLANAS, B. (1990). *Estudios básicos para la mejora genética del pino piñonero (Pinus pinea L.): Comportamiento reproductivo*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, ETSIM, Madrid.
- CHUNG, M.S. (1981). Flowering Characteristics of *Pinus sylvestris* L. with Special Emphasis on the Reproductive Adaptation to Local Temperature Factor. *Acta Forestalia Fennica*, Vol. 169: 5-68.
- MUTKE, S., 2000: *Fenología de Pinus pinea L. en un Banco Clonal (Valladolid)*. TFC, E.T.S.II.AA. Palencia, Universidad de Valladolid (sin publicar). 94 p.

TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Estados fenológicos de los brotes dominantes en *Pinus pinea* (con flores femeninas)

| | |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Estado A | - yema terminal del ápice en reposo invernal. |
| Estado B | - yema terminal en elongación. |
| Estado C | - aparición de yemas femeninas distales. |
| Estado D | - yemas de estróbilos femeninos abultadas, superan en altura el ápice del brote. |
| Estado E | - estróbilos femeninos en elongación, con las escamas ovulíferas al aire. |
| Estado F | - estado receptivo, estróbilo con las escamas ovulíferas separadas. |

Tabla 2. Medias de las variables características del crecimiento de los 27 brotes [mm]

| | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|----------------------------------------------|------|----------------|------|------|
| L0 - longitud yema invernal | 45 | 44 | 43 | 32 |
| CT - incremento total | 196 | 245 | 195 | 173 |
| L1 - longitud primer ciclo | 165 | 241 | 206 | 186 |
| L2 - longitud segundo ciclo (brote, yema) | 62 | 45 | 32 | 18 |
| L3 - longitud tercer ciclo (brotes, yema)* | 38 | 28 | - | - |
| LT - longitud final del brote | 241 | 289 | 238 | 205 |
| T _{0,1} - fecha de alcanzar 0,1 LT | 13/4 | (dato perdido) | 27/4 | 8/4 |
| T _{0,5} - fecha de alcanzar 0,5 LT | 25/5 | 20/5 | 27/5 | 21/5 |
| T _{0,9} - fecha de alcanzar 0,9 LT | 6/8 | 3/7 | 6/7 | 12/6 |
| P6 - Precipitación en junio del año anterior | 4 | 46 | 30 | 16 |

* sólo presente en los ápices con dos ciclos elongados (10 brotes en 1997, 2 en 1998)

Tabla 3. Comparación entre el calendario fenológico de *Pinus pinea* en dos regiones españolas.

| Valladolid (Mutke, 2000) | Año | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O |
|------------------------------------|-----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|---|
| Elongación del brote de primavera | | | | | | -- | -- | -- | | | |
| Yema terminal/brote de verano | | | | | | | | -- | -- | -- | |
| Antesis (x = polinización) | 1 | | | | | | -- | x | | | |
| Crecimiento de cono de 1 año | 2 | | | | | -- | -- | -- | -- | | |
| Crecimiento de cono de 2 años | 3 | | | | | -- | -- | -- | -- | | |
| Castellón (Abellanas, 1990) | | | | | | | | | | | |
| Elongación del brote | | | | -- | -- | -- | -- | | | | |
| Polinización (x) | 1 | | | | | x | | | | | |
| Crecimiento de cono de 1 año | 2 | | | | -- | -- | -- | -- | | | |
| Crecimiento de cono de 2 años | 3 | | | | -- | -- | -- | -- | | | |

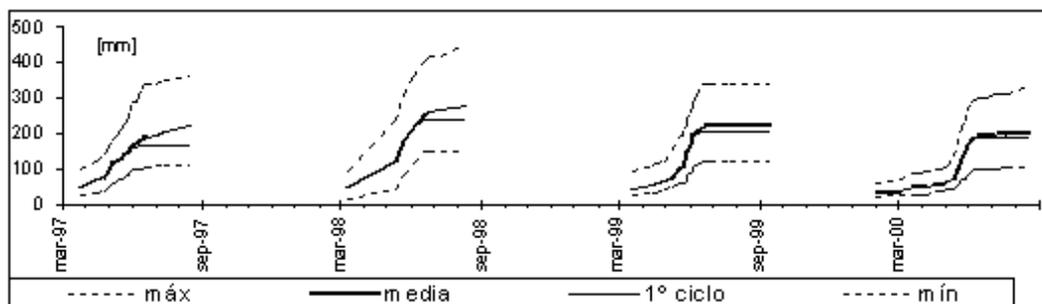


Figura 1. Elongación anual media, máxima y mínima en 27 brotes terminales en cuatro años.

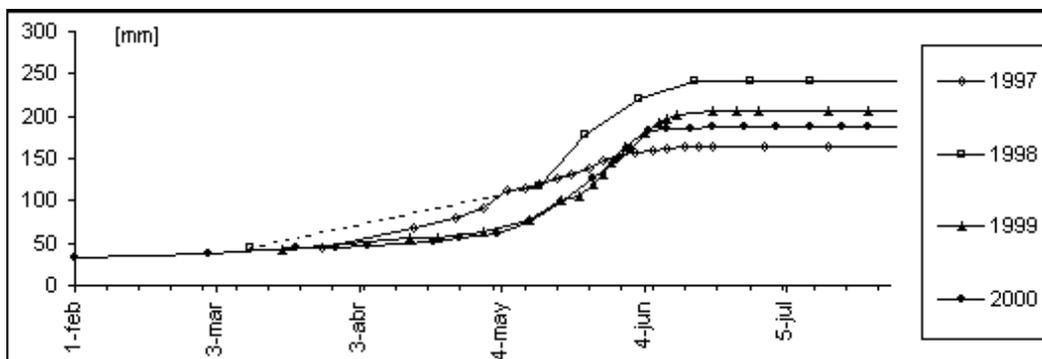


Figura 2. Curvas medias de elongación de brotes de primavera en cuatro años.

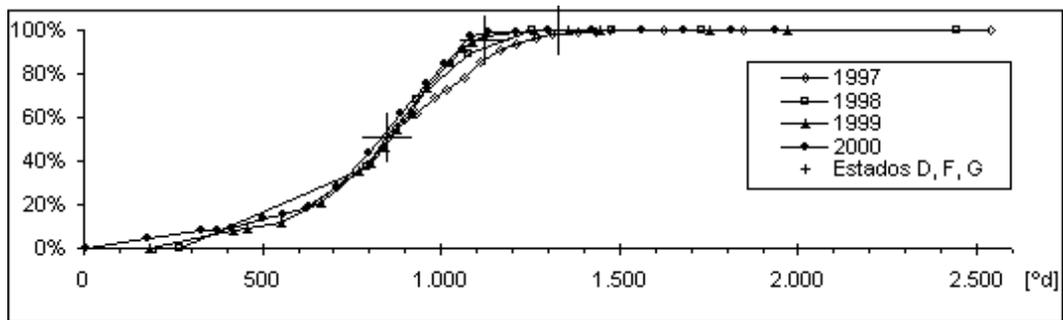


Figura 3. Curvas medias de crecimiento relativo de brotes de primavera y estados florales.

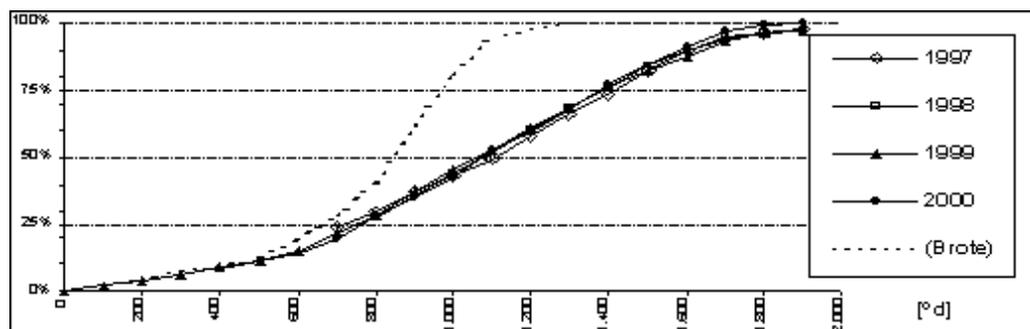


Figura 4. Curvas medias de crecimiento relativo de la piña a escala de integral térmica [$>0^{\circ}\text{C}$]

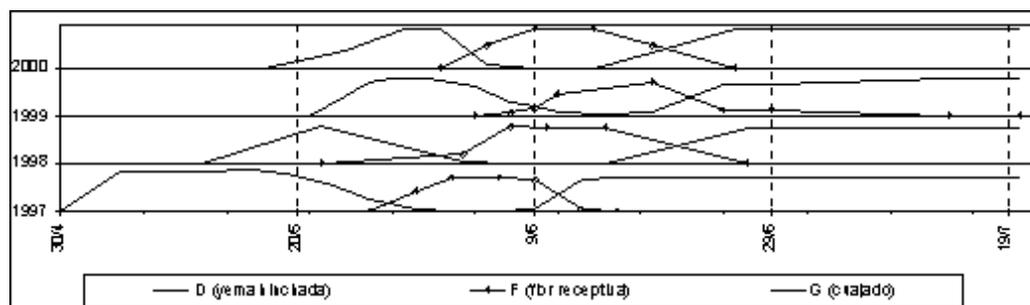


Figura 5. Proporciones de flores del año en estados fenológicos D, F y G. (leyenda tabla 1)