



4.3.- ESTUDIO DE LOS RITMOS DE CRECIMIENTO DE LAS VARIABLES MORFOLÓGICAS DE *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Y DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS SOBRE LOS RITMOS DE CRECIMIENTO, A TRAVÉS DE ANÁLISIS DE REGRESIÓN.

➤ **Estudio de los ritmos de crecimiento:**

En el presente capítulo nos disponemos a presentar los resultados del estudio de los ritmos de crecimiento de diversas variables, que describen morfológicamente tanto a *Pinus halepensis* Mill. como a *Pinus nigra* Arn.

Los índices en los que nos apoyaremos para valorar los ritmos de crecimiento son:

- **Crecimiento medio:**

Expresa en cuanto ha crecido una variable en un periodo de tiempo.

$$Cm = \frac{Var_n}{T}$$

Siendo T el tiempo transcurrido en días hasta la fecha de la medición de la variable.

- **Crecimiento corriente:**

Expresa el valor del incremento de una variable entre dos mediciones y el periodo de tiempo transcurrido entre esas mediciones.

$$Cc = \frac{Var_{n+1} - Var_n}{t_{n+1} - t_n}$$

Siendo $t_{n+1}-t_n$ el tiempo transcurrido en días entre las dos mediciones de la variable.

- **Crecimiento semanal en tanto por ciento:**

Expresa en tanto por ciento, el incremento semanal de cada variable.

$$Cc(\%) = \left(\frac{Var_{n+1} - Var_n}{Var_{TOTAL}} \right) * 100$$

$t_{n+1} - t_n$

Siendo Var_{TOTAL} el valor final de la variable y $t_{n+1}-t_n$ el tiempo transcurrido en semanas entre las dos mediciones de dicha variable.



- **Crecimiento semanal acumulado en tanto por ciento:**

Expresa el porcentaje de crecimiento acumulado hasta la fecha.

$$C_{acum}(\%) = \frac{\left(\frac{Var_n}{Var_{TOTAL}} \right)}{T} * 100$$

Siendo Var_{TOTAL} el valor final de la variable y T el tiempo en semanas transcurrido hasta la fecha de la medición de dicha variable.

Las variables estudiadas en este capítulo son:

- Altura de la parte aérea.
- Diámetro.
- Número de ramificaciones de la parte aérea.
- Peso seco de la parte aérea.
- Peso seco de la parte radical.
- Peso seco total.

Para estimar si se había producido el crecimiento de las variables entre una extracción y la siguiente se comprobó el Intervalo de Confianza de la media para un nivel de probabilidad del 95%. Se consideró como criterio para aceptar que se había producido diferencias significativas y por tanto crecimiento o decrecimiento, el no solapamiento del Intervalo de Confianza de la media de cada extracción con el de la siguiente extracción.

Se presentan las tablas de Intervalos de Confianza de la media para un nivel de probabilidad del 95%, de las variables objeto de estudio de este capítulo.

➤ **Estudio del análisis de regresión:**

A fin de poder establecer relaciones entre diversas variables se procedió a realizar un análisis de regresión lineal, herramienta estadística que permite explicar o predecir los valores de una variable, a partir de los datos de otra, a través de una ecuación de regresión lineal.

El objetivo del presente capítulo es, estudiar las posibles relaciones entre las diversas variables climáticas registradas a lo largo del periodo de estudio y los ritmos de crecimiento de algunas de las variables morfológicas estudiadas tanto para *Pinus halepensis* Mill. como para *Pinus nigra* Arn. Es decir se trata de averiguar cuales de estas variables, y en que medida, influyen en los ciclos de crecimiento, a fin de establecer pautas recomendables para el cultivo de estas especies en vivero.

Además se realizó un estudio de regresión múltiple, para comprobar si algunos de los crecimientos de las variables de morfológicas, presentan correlaciones con más de una variable microclimática, con lo que es posible que la combinación de dos o más variables climáticas puedan explicar mejor el comportamiento de los ritmos de crecimiento. Se



probaron todas combinaciones de pares de variables climáticas posibles, haciendo especial hincapié en las combinaciones que fueran previamente significativas.

Las variables climáticas a las que hacemos referencia son:

- Temperatura máxima del aire: T_{max} , en grados centígrados.
- Temperatura media del aire: T_{med} , en grados centígrados.
- Temperatura mínima del aire: T_{min} , en grados centígrados.
- Humedad relativa máxima: H_{max} , en tanto por ciento.
- Humedad relativa media: H_{med} , en tanto por ciento.
- Humedad relativa mínima: H_{min} , en tanto por ciento.
- Radiación máxima: RAD_{max} , en $\mu\text{mol}/\text{m}^2*\text{s}$.
- Radiación media: RAD_{med} , en $\mu\text{mol}/\text{m}^2*\text{s}$.
- Radiación mínima: RAD_{min} , en $\mu\text{mol}/\text{m}^2*\text{s}$.
- Radiación diaria acumulada: RAD_{acum} , en $\text{mol}/\text{m}^2*\text{s}$.

De estas variables se efectuó un minucioso registro a través de los sensores instalados en el centro “*El Serranillo*”, mediciones cada 6 minutos, de los que se calcularon sus promedios diarios. Sin embargo para las regresiones calculadas, se utilizaron estos valores diarios, promediados entre extracciones.

Las variables de crecimiento usadas para su contraste con la variables climáticas son:

- Tasa de crecimiento relativo: R_w .
- Incremento de la tasa de crecimiento relativo: ΔR_w .
- Ratio alométrico: RA .
- Tasa de crecimiento relativo en función del nitrógeno: $R_w(N)$.
- Eficiencia en el uso del nitrógeno: NUE .
- Crecimiento corriente en altura de la parte aérea: CcH , en $\text{mm}/\text{día}$.
- Crecimiento corriente en diámetro: CcD , en $\text{mm}/\text{día}$.
- Crecimiento corriente en número de ramas: CcN_{ram} , en $\text{ramas}/\text{día}$.
- Crecimiento corriente en peso seco aéreo: $CcPSA$, en $\text{mg}/\text{día}$.
- Crecimiento corriente en peso seco radical: $CcPSR$, en $\text{mg}/\text{día}$.
- Crecimiento corriente en peso seco total: $CcPST$, en $\text{mg}/\text{día}$.

Se seleccionó el crecimiento corriente de las diversas variables morfológicas para realizar el análisis de regresión con respecto a las variables climáticas, debido a que este tipo de crecimiento, al proporcionar la información de las tasas de crecimiento en cada periodo de observación consigue explicar de una manera más clarificadora las posibles relaciones que pudieran existir con la evolución de las variables microclimáticas.



| Extracción | ALTURA | DIAMETRO | Nram | PSA | PSR | PST |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | IC-95% | IC-95% | IC-95% | IC-95% | IC-95% | IC-95% |
| 28/04/98 | 0.3294-0.3506 | 0.9001-0.9344 | - | 0.0205-0.0228 | 0.0124-0.0136 | 0.0329-0.0363 |
| 28/05/98 | 1.5852-1.7998 | 0.9044-1.0081 | - | 0.0636-0.0779 | 0.0432-0.0538 | 0.1073-0.1312 |
| 13/06/98 | 2.2128-2.3722 | 1.0015-1.0487 | - | 0.0943-0.1044 | 0.0794-0.0879 | 0.1742-0.1917 |
| 28/06/98 | 2.5400-2.8750 | 1.0520-1.1555 | 0.0000-0.3206 | 0.1247-0.1527 | 0.1151-0.1451 | 0.2420-0.2910 |
| 13/07/98 | 4.2590-4.6385 | 1.2234-1.2814 | 3.4022-4.0978 | 0.2493-0.2756 | 0.1889-0.2083 | 0.4405-0.4835 |
| 28/07/98 | 5.0722-5.7778 | 1.4556-1.5489 | 4.3953-5.1547 | 0.3234-0.3800 | 0.2620-0.2945 | 0.5877-0.6723 |
| 13/08/98 | 5.1940-5.5860 | 1.5454-1.6189 | 4.5404-5.1846 | 0.4148-0.4635 | 0.2971-0.3270 | 0.7134-0.7891 |
| 28/08/98 | 5.8423-6.5077 | 1.6812-1.7838 | 5.5115-6.2385 | 0.5154-0.5770 | 0.4054-0.4565 | 0.9240-1.0302 |
| 13/09/98 | 6.8023-7.4377 | 1.8299-1.9187 | 5.8984-6.7016 | 0.6715-0.7487 | 0.4981-0.5549 | 1.1721-1.3011 |
| 28/09/98 | 6.6869-7.4881 | 1.8314-1.9566 | 6.2944-7.6056 | 0.6318-0.7421 | 0.5271-0.6192 | 1.1719-1.3483 |
| 13/10/98 | 8.2051-8.9149 | 2.2039-2.3176 | 7.3939-8.5061 | 1.0069-1.1739 | 0.6595-0.7458 | 1.6755-1.9106 |

Tabla 79: Tabla de Intervalos de Confianza de la media para un nivel de probabilidad del 95% de las sucesivas extracciones, de las variables, *altura*, *diámetro*, *número de ramas*, *peso seco de la parte aérea*, *peso seco de la parte radical*, y *peso seco total*, de la especie *Pinus halepensis* Mill. Se considera que se ha producido crecimiento cuando el IC-95% de una extracción no está solapado con el de la extracción siguiente. Los valores marcados en azul corresponden a las extracciones donde no existe solapamiento del IC-95% con el de la anterior extracción y por tanto se produce crecimiento.

| Extracción | ALTURA | DIAMETRO | Nram | PSA | PSR | PST |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | IC-95% | IC-95% | IC-95% | IC-95% | IC-95% | IC-95% |
| 28/04/98 | 0.3331-0.3635 | 0.9162-0.9671 | - | 0.0302-0.0345 | 0.0174-0.0241 | 0.0486-0.0576 |
| 28/05/98 | 1.7225-1.8575 | 1.1343-1.2197 | - | 0.0975-0.1164 | 0.0502-0.0592 | 0.1482-0.1751 |
| 13/06/98 | 2.1338-2.2595 | 1.1520-1.2275 | - | 0.1563-0.1719 | 0.0954-0.1054 | 0.2523-0.2766 |
| 28/06/98 | 2.4062-2.6938 | 1.2317-1.3588 | - | 0.2021-0.2420 | 0.1410-0.1673 | 0.3446-0.4078 |
| 13/07/98 | 3.1772-3.3678 | 1.4963-1.5842 | 0.7592-1.1158 | 0.3729-0.4095 | 0.2318-0.2570 | 0.6071-0.6641 |
| 28/07/98 | 3.6065-3.8885 | 1.6798-1.7907 | 1.0671-1.8329 | 0.4501-0.5032 | 0.2869-0.3297 | 0.7416-0.8284 |
| 13/08/98 | 3.9707-4.2793 | 1.8261-1.9336 | 1.1135-1.5115 | 0.5259-0.5775 | 0.3576-0.3966 | 0.8870-0.9706 |
| 28/08/98 | 4.1386-4.6814 | 2.0900-2.2500 | 1.0393-1.7607 | 0.6155-0.7163 | 0.5097-0.5893 | 1.1313-1.2995 |
| 13/09/98 | 4.4723-4.8242 | 2.2275-2.3887 | 1.3251-1.8818 | 0.7138-0.8082 | 0.5747-0.6441 | 1.2980-1.4428 |
| 28/09/98 | 3.9203-4.3447 | 2.1938-2.3832 | 0.8956-1.4544 | 0.6534-0.7845 | 0.6017-0.7127 | 1.2603-1.4920 |
| 13/10/98 | 4.2231-4.6969 | 2.3889-2.5626 | 1.1608-1.7392 | 0.9432-1.0849 | 0.7738-0.8644 | 1.7403-1.9259 |

Tabla 80: Tabla de Intervalos de Confianza de la media para un nivel de probabilidad del 95% de las sucesivas extracciones, de las variables, *altura*, *diámetro*, *número de ramas*, *peso seco de la parte aérea*, *peso seco de la parte radical* y *peso seco total*, de la especie *Pinus nigra* Arn. Se considera que se ha producido crecimiento cuando el IC-95% de una extracción no está solapado con el de la extracción siguiente. Los valores marcados en azul corresponden a las extracciones donde no existe solapamiento del IC-95% con el de la anterior extracción y por tanto se produce crecimiento.



➤ **Altura de la parte aérea:**

- *Crecimiento corriente:*

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento corriente en Altura (mm/día) | | | | Var. en % de (*) con respecto a (**) |
|--------------------------|----------------------|--|--------|----------------------|--------|--------------------------------------|
| | | <i>P. halepensis</i> (*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> (**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.0557 | SI | 0.0576 | SI | -3.29 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 0.4508 | SI | 0.4787 | SI | -5.82 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 0.4000 | SI | 0.2435 | SI | 39.12 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 0.2833 | SI | 0.2650 | SI | 6.45 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 1.2500 | SI | 0.4950 | SI | 60.40 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 0.5550 | SI | 0.3033 | SI | 45.35 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | -0.0233 | NO | 0.1750 | SI | -113.31 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 0.5233 | SI | 0.2666 | NO | 49.05 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 0.6300 | SI | 0.1756 | NO | 72.12 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | -0.0216 | NO | -0.3606 | NO | 94.00 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 0.9817 | SI | 0.2183 | NO | 77.76 |

Tabla 78: Tabla de evolución del crecimiento corriente de la variable *altura de la parte aérea* (mm/día) de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento corriente de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento corriente en Altura

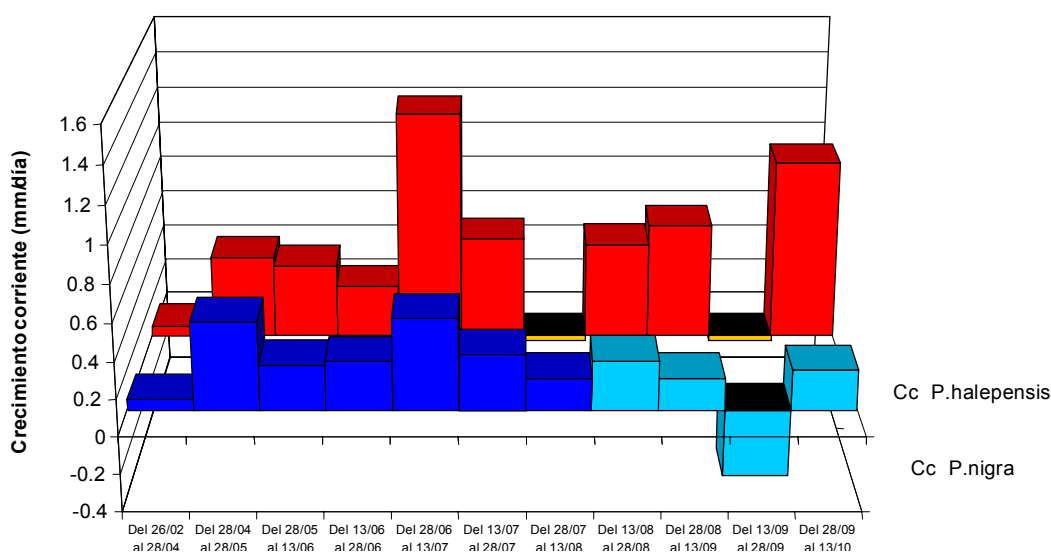


Gráfico 76: Evolución del crecimiento corriente en altura de la parte aérea de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



• **Crecimiento medio:**

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento medio en Altura (mm/día) | | | | Var. en % de con respecto a ^(*) _(**) |
|--------------------------|----------------------|--------------------------------------|--------|---------------------------------|--------|---|
| | | <i>P. halepensis</i> ^(*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> ^(**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.5574 | SI | 0.5782 | SI | -3.59 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 1.8599 | SI | 1.9641 | SI | -5.30 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 2.1627 | SI | 2.0306 | SI | 6.10 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 2.2459 | SI | 2.1074 | SI | 6.16 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 3.3768 | SI | 2.4209 | SI | 28.30 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 3.5927 | SI | 2.4817 | SI | 30.92 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 3.2470 | NO | 2.4156 | SI | 25.60 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 3.4116 | SI | 2.4364 | NO | 28.58 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 3.6326 | SI | 2.3843 | NO | 34.36 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 3.3590 | NO | 1.9585 | NO | 41.69 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 3.7876 | SI | 1.9734 | NO | 47.89 |

Tabla 79: Tabla de evolución del crecimiento medio de la variable *altura de la parte aérea (mm/día)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento medio de una especie con respecto a la otra. Resultado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento medio en Altura

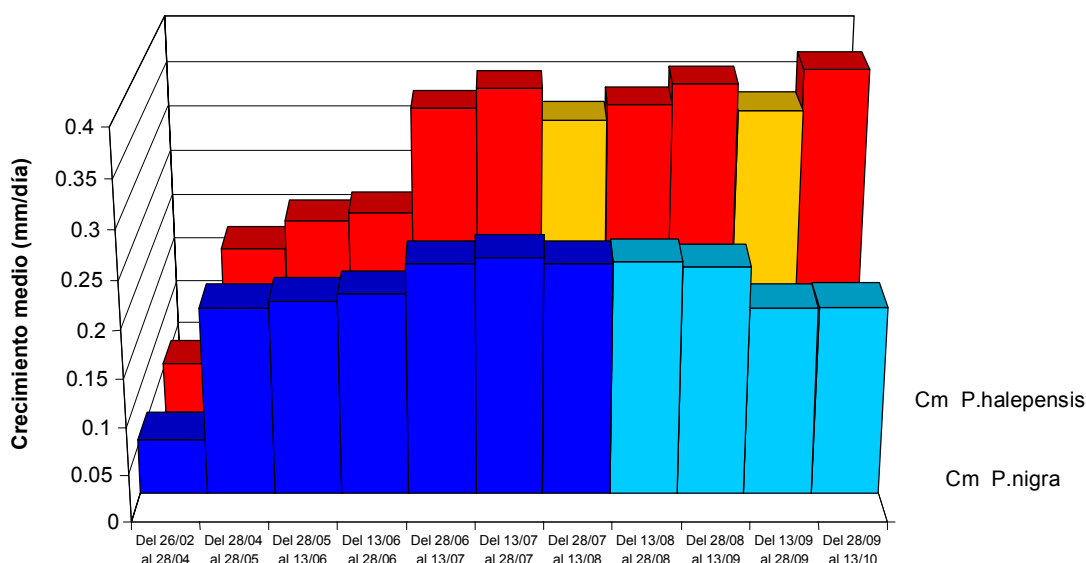


Gráfico 77: Evolución del crecimiento medio en altura de la parte aérea de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



• **Crecimiento semanal:**

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento semanal en Altura (%) | | | | Var. en % de ^(*) con respecto a ^(**) |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|--------|---------------------------------|--------|---|
| | | <i>P. halepensis</i> ^(*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> ^(**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.4965 | SI | 0.9844 | SI | -49.56 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 3.9500 | SI | 8.0496 | SI | -50.92 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 3.5047 | SI | 4.0941 | SI | -14.39 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 2.4824 | SI | 4.4562 | SI | -44.29 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 10.9521 | SI | 8.3240 | SI | 23.99 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 4.8627 | SI | 5.1009 | SI | -4.66 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | -0.2044 | NO | 2.9428 | SI | -106.94 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 4.5852 | SI | 4.4843 | NO | 2.20 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 5.5119 | SI | 2.9522 | NO | 46.43 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | -0.1898 | NO | -6.0631 | NO | 96.86 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 8.6010 | SI | 3.6715 | NO | 57.31 |

Tabla 80: Tabla de evolución del crecimiento semanal de la variable *altura de la parte aérea (%)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento semanal de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombra (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento semanal en Altura

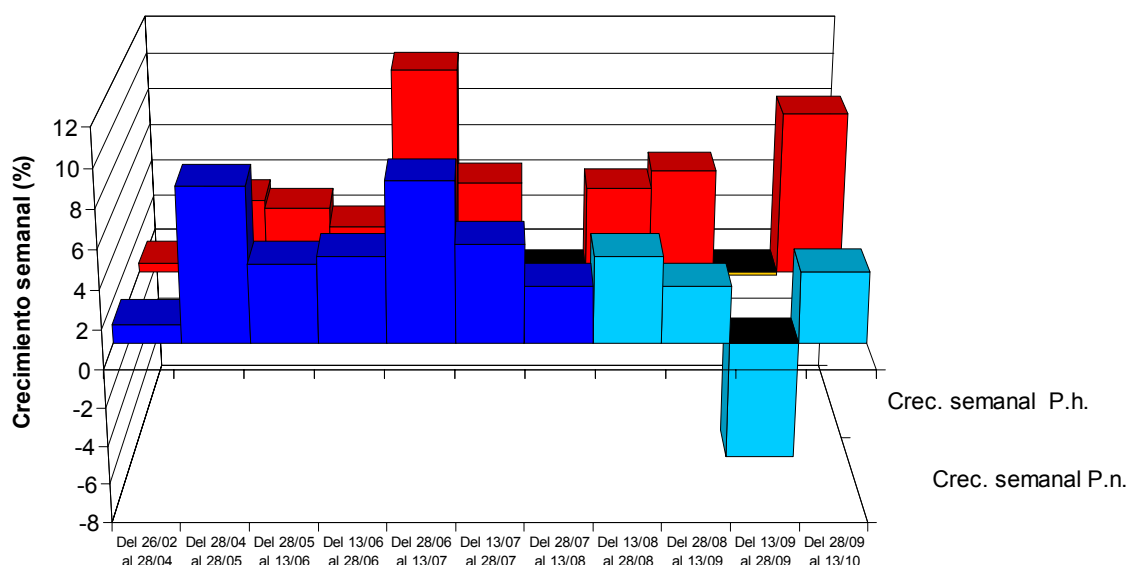


Gráfico 78: Evolución del crecimiento semanal en altura de la parte aérea de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



- **Crecimiento semanal acumulado:**

| Periodo | Duración del periodo | Crec. semanal acumulado en Altura (%) | | | | Var. en % de ^(*) con respecto a ^(**) |
|--------------------------|----------------------|---------------------------------------|--------|---------------------------------|--------|--|
| | | <i>P. halepensis</i> ^(*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> ^(**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 3.9719 | SI | 7.8755 | SI | -51.85 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 19.7722 | SI | 40.0740 | SI | -50.66 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 26.7815 | SI | 48.2623 | SI | -53.15 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 31.7465 | SI | 57.1749 | SI | -44.47 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 53.6507 | SI | 73.8228 | SI | -27.32 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 63.3761 | SI | 84.0246 | SI | -24.57 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 62.9672 | NO | 89.9103 | SI | -29.96 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 72.1378 | SI | 98.8789 | NO | -27.05 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 83.1775 | SI | 104.783 | NO | -20.61 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 82.7979 | NO | 92.6570 | NO | -10.64 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 100.000 | SI | 100.000 | NO | 0.00 |

Tabla 81: Tabla de evolución del crecimiento semanal acumulado de la variable *altura de la parte aérea (%)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento semanal acumulado de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombra (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento semanal acumulado en Altura

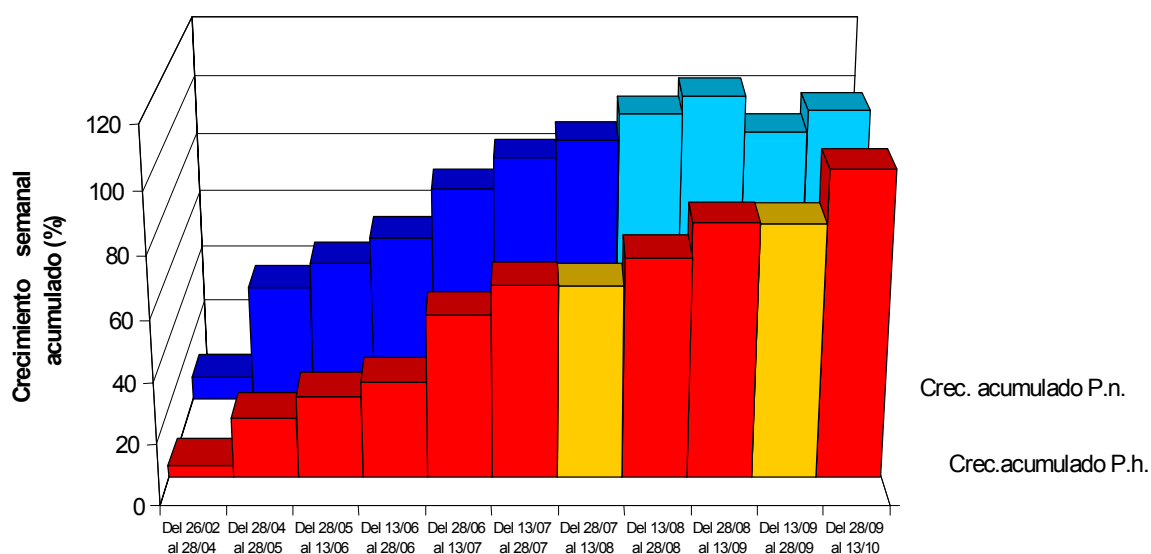


Gráfico 79: Evolución del crecimiento semanal acumulado en altura de la parte aérea de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.

• **Análisis de regresión:**

| Variables | <i>Pinus halepensis</i> Mill. | | | | <i>Pinus nigra</i> Arn. | | | |
|--|-------------------------------|----------------|--------|--------|-------------------------|----------------|---------------|---------------|
| | R | R ² | F | P | R | R ² | F | P |
| Crecimiento corriente en altura | | | | | | | | |
| vs. Temperatura máxima | -0.0813 | 0.0066 | 0.0599 | 0.8121 | -0.1061 | 0.0112 | 0.0912 | 0.7703 |
| vs. Temperatura media | -0.1013 | 0.0102 | 0.0943 | 0.7669 | 0.1697 | 0.0288 | 0.2374 | 0.6391 |
| vs. Temperatura mínima | -0.1630 | 0.0265 | 0.2457 | 0.6320 | 0.1867 | 0.0348 | 0.2891 | 0.6054 |
| vs. Humedad máxima | -0.1351 | 0.0182 | 0.1673 | 0.6920 | -0.0791 | 0.0062 | 0.0504 | 0.8279 |
| vs. Humedad media | -0.2025 | 0.0410 | 0.3850 | 0.5503 | -0.1359 | 0.0184 | 0.1505 | 0.7081 |
| vs. Humedad mínima | -0.2105 | 0.0443 | 0.4174 | 0.5343 | -0.1533 | 0.0235 | 0.1925 | 0.6724 |
| vs. Radiación máxima | 0.2836 | 0.0804 | 0.7874 | 0.3980 | -0.7327 | 0.5368 | 9.2745 | 0.0159 |
| vs. Radiación media | 0.2316 | 0.0536 | 0.5102 | 0.4931 | -0.0768 | 0.0059 | 0.0474 | 0.8330 |
| vs. Radiación mínima | -0.0109 | 0.0001 | 0.0010 | 0.9744 | -0.1439 | 0.0207 | 0.1693 | 0.6915 |
| vs. Radiación acumulada | 0.2768 | 0.0766 | 0.7470 | 0.4098 | 0.2752 | 0.0757 | 0.6555 | 0.4415 |

Tabla 82: Resultados del análisis de regresión lineal de la variable *crecimiento corriente en altura*, con respecto a las variables climáticas para las especies *Pinus halepensis* Mill y *Pinus nigra* Arn. R indica si la relación es positiva o negativa. R² indica el grado de ajuste de la recta y P representa el nivel de significación. P<0.05 indica regresiones significativas, en rojo para *Pinus halepensis* Mill y en azul para *Pinus nigra* Arn.

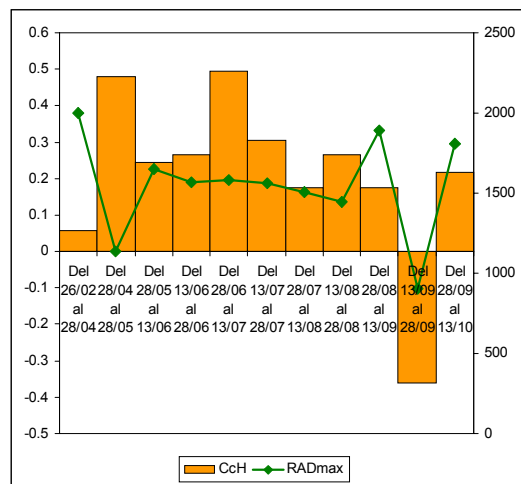
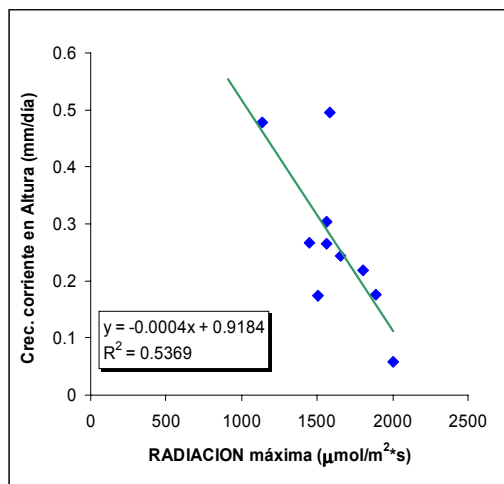


Gráfico 80a : Regresión lineal entre las variables *Crecimiento corriente en altura* y *Radiación máxima*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 80b:** Evolución del *Crecimiento corriente en altura* y la *Radiación máxima* para la especie *Pinus nigra* Arn.

Discusión:

El crecimiento en altura de *Pinus halepensis* Mill. se caracteriza por ser continuo en el tiempo de principio a fin del ensayo, con la excepción de los periodos estudiados, en los que los resultados que arroja la tabla de intervalos de confianza para una probabilidad de 95 % indica que se produce solapamiento. Se detecta que el crecimiento en altura se detiene entre el 28 de julio y el 13 de agosto, y entre el 13 de septiembre y el 28 de septiembre. En estos periodos los valores de crecimiento son negativos, hecho biológicamente imposible, por lo que a todos los efectos, se considerarán en este y los demás casos que pudiera producirse tal situación, como que dichos crecimientos son cero.



Con respecto a la evolución de crecimiento en altura, vemos que en *Pinus halepensis* Mill., tras un inicio lento (sobre todo en el primer periodo), crece con un ritmo semanal comprendido entre el 3,5 y el 5,5 %, con la excepción de los periodos comprendidos entre el 26 de junio y el 13 de julio, y entre el 28 de septiembre y el 13 de junio, que es cuando se dan los mayores crecimientos semanales en altura (10,95 y 8,60 % respectivamente).

Las paradas en el crecimiento se detectan en los momentos en los que las plantas alcanzan el 63 % y el 83 % del crecimiento total, sin embargo no se aprecian síntomas de saturación con respecto a esta variable, al final del ensayo.

Analizando los datos del crecimiento medio, observamos que este es creciente hasta el 13 de julio, momento en que se estabiliza en torno a los 3,5 mm/día.

Si relacionamos la forma de evolucionar de las diferentes tasas de crecimiento con los contenidos en nutrientes hallados para esta especie, detectamos que en que el periodo de tiempo en el que se dejó de fertilizar (entre el 16 de julio y el 6 de agosto), la tasa de crecimiento, en un primer lugar decrece con respecto al máximo del periodo anterior, para a posteriori detenerse completamente. En un análisis mas profundo de los crecimientos iniciales (hasta el 13 de junio) vemos, que si bien porcentualmente no son los mas elevados, son los que producen mayores descensos en las concentraciones de nitrógeno, fósforo y magnesio, debido a los mayores requerimientos de estos elementos durante la fase de establecimiento (ROOK, 1991). En cuanto al potasio, a parte de la ya comentada translocación desde la parte radical a la aérea, vemos que las mayores reducciones en la concentración de este nutriente se da en el momento en el que la tasa de crecimiento es mayor, coincidiendo los niveles mínimos en la concentración de este nutriente con el primer periodo en el que se para el crecimiento en altura.

Con respecto al análisis de regresión, si bien no se ha encontrado ninguna variable climática que se correlacione significativamente con el crecimiento en altura de *Pinus halepensis* Mill., según Rook, el crecimiento en altura se da con temperaturas máximas entre los 22 y los 27°C, ejerciendo además, una fuerte influencia en los ritmos de crecimiento el fotoperiodo, tendiendo éstos a aumentar al incrementarse el fotoperiodo. Decrecimientos del mismo, reducen las tasas de crecimiento e inducen la formación de yemas. También hace referencia a que algunas coníferas templadas presentan un crecimiento irregular cuando están sometidas a más de 16 horas de irradiación.

En nuestro caso y en consonancia con lo expuesto anteriormente vemos que las tasas de crecimiento más altas se dan cuando las temperaturas máximas superan los 23°C, sin embargo el crecimiento que se da es irregular, pudiendo estar motivado o bien por los altos niveles de radiación (a partir de 135 mol/m²*s) o por la falta de fertilización en ese periodo. Sin embargo la causa más probable de la detención del crecimiento que se da entre el 13 de septiembre y el 28 de septiembre es la fuerte reducción del radiación acumulada.

A diferencia de *Pinus halepensis* Mill., en *Pinus nigra* Arn., se detecta que el crecimiento en altura se satura el 13 de agosto, habiéndose llegado al 90 % del crecimiento total. A diferencia de *Pinus halepensis* Mill. las máximas tasas de crecimiento se dan al principio del cultivo, entre el 28 de abril y el 28 de mayo, y entre el 26 de junio y el 13 de julio, alcanzándose en esos momento el 40 y el 74 % del crecimiento total respectivamente.



En los que respecta al crecimiento medio, podríamos distinguir tres fases: una inicial, en la que el crecimiento medio tiende a aumentar, esta fase llega hasta el 28 de junio, momento de máximo crecimiento. En una fase intermedia vemos que los valores del crecimiento medio se estabilizan en torno a los 2,4 mm/día, hasta que a partir del 13 de septiembre este crecimiento tiende a disminuir.

Haciendo referencia al estado nutritivo de la especie, observamos que en la fase inicial, una de las de mayor crecimiento, las pérdidas en nitrógeno, fósforo y magnesio son mayores, llegándose, como en el caso de *Pinus halepensis* Mill. a niveles muy bajos en la concentración del fósforo. Con respecto al potasio, éste se mantiene mas o menos constante, mientras existe crecimiento, pero se detecta un descenso en su concentración cuando la especie se para el 13 de agosto.

Hemos constatado, que durante el periodo sin fertilización, se reduce el crecimiento en altura, entrando en parada, sin embargo no se retoma el crecimiento cuando se reanuda la aplicación de fertilizantes, este hecho está motivado fundamentalmente, por la reducción de la radiación acumulada hasta situarse en unos 118 mol/m²*s. Esta reducción del fotoperiodo también influye en la formación de las yemas, se ha observado que, cuando 2,5 meses mas tarde (a partir del 13 de septiembre), la radiación acumulada se ha reduce a 85,81 mol/m²*s., la tasa de plantas con yemas formadas supera el 60 %.

Del análisis de regresión encontramos que en esta especie la tasa de crecimiento solo se correlaciona negativamente con la radiación máxima, de forma que a mayor radiación máxima, menor crecimiento corriente en altura. Vemos que la mayor tasa se crecimiento en altura se produce en torno a los 1250 µmol/m²*s, mientras que los mínimos crecimientos se dan en torno a los 2000 µmol/m²*s.

Comparativamente vemos que entre ambas especies tanto el crecimiento corriente como el medio, son mayores en *Pinus halepensis* Mill., mientras que el crecimiento semanal y el acumulado son mayores en *Pinus nigra* Arn. Esto quiere decir que *Pinus halepensis* Mill. crece más que *Pinus nigra* Arn. pero esta especie alcanza antes su punto de saturación del crecimiento.

➤ **Diámetro:**• **Crecimiento corriente:**

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento corriente en Diámetro (mm/día) | | | | Var. en % de con respecto a ^(*) _(**) |
|--------------------------|----------------------|--|--------|---------------------------------|--------|---|
| | | <i>P. halepensis</i> ^(*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> ^(**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.0150 | SI | 0.0157 | SI | -4.458 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 0.0013 | NO | 0.0075 | SI | -82.66 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 0.0045 | NO | 0.0014 | NO | 68.88 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 0.0052 | SI | 0.0058 | SI | -10.34 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 0.0103 | SI | 0.0157 | SI | -34.39 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 0.0162 | SI | 0.0136 | SI | 16.04 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 0.0053 | NO | 0.0094 | SI | -43.61 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 0.0100 | SI | 0.0195 | SI | -48.71 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 0.0094 | SI | 0.0088 | NO | 6.38 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 0.0013 | NO | -0.0009 | NO | 169.23 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 0.0244 | SI | 0.0124 | NO | 49.18 |

Tabla 83: Tabla de evolución del crecimiento corriente de la variable *diámetro* (mm/día) de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento corriente de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento corriente en Diámetro

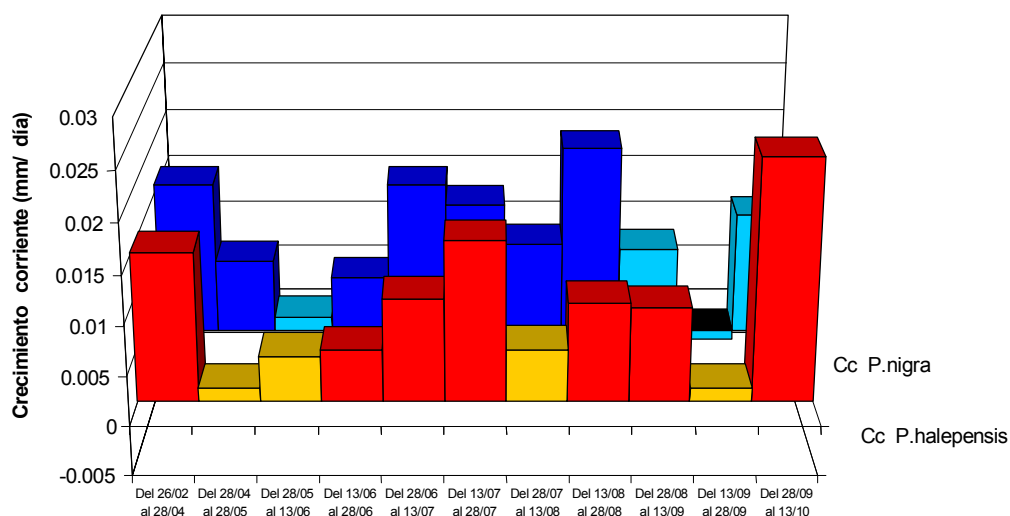


Gráfico 81: Evolución del crecimiento corriente en diámetro de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



- *Crecimiento medio:*

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento medio en Diámetro (mm/día) | | | | Var. en % de con respecto a ^(*) _(**) |
|--------------------------|----------------------|--|--------|---------------------------------|--------|---|
| | | <i>P. halepensis</i> ^(*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> ^(**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.0150 | SI | 0.0157 | SI | -4.45 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 0.0105 | NO | 0.0130 | SI | -19.23 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 0.0096 | NO | 0.0113 | NO | -15.04 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 0.0091 | SI | 0.0107 | SI | -14.95 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 0.0092 | SI | 0.0112 | SI | -17.85 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 0.0099 | SI | 0.0114 | SI | -13.15 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 0.0095 | NO | 0.0113 | SI | -15.92 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 0.0095 | SI | 0.0119 | SI | -20.16 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 0.0095 | SI | 0.0117 | NO | -18.80 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 0.0089 | NO | 0.0108 | NO | -17.59 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 0.0100 | SI | 0.0109 | NO | -8.25 |

Tabla 84: Tabla de evolución del crecimiento medio de la variable *diámetro (mm/día)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento medio de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento medio en Diámetro

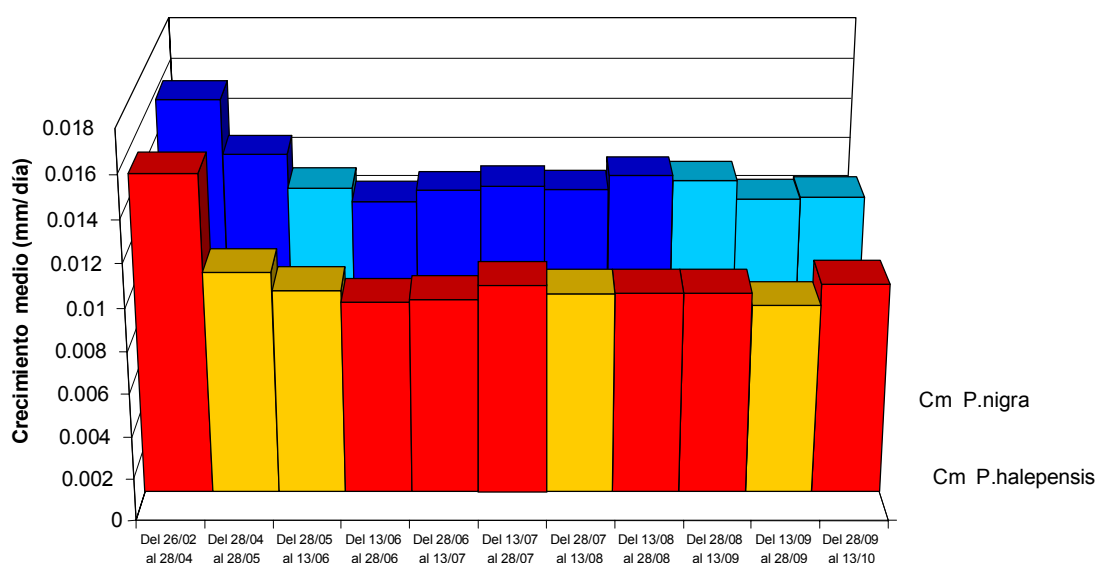


Gráfico 82: Evolución del crecimiento medio en diámetro de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



• **Crecimiento semanal:**

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento semanal en Diámetro (%) | | | | Var. en % de (*) con respecto a (**) |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------------------|--------|----------------------|--------|---|
| | | <i>P. halepensis</i> (*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> (**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 5.0716 | SI | 4.8419 | SI | 4.52 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 0.4312 | NO | 2.2883 | SI | -81.15 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 1.5223 | NO | 0.4470 | NO | 70.63 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 1.7398 | SI | 1.7671 | SI | -1.54 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 3.4363 | SI | 4.7561 | SI | -27.74 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 5.3770 | SI | 4.1300 | SI | 23.19 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 1.7665 | NO | 2.8577 | SI | -38.18 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 3.3257 | SI | 5.9224 | SI | -43.84 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 3.1368 | SI | 2.6894 | NO | 14.26 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 0.4349 | NO | -0.2962 | NO | 168.10 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 8.1112 | SI | 3.7816 | NO | 95.33 |

Tabla 85: Tabla de evolución del crecimiento semanal de la variable *diámetro* (%) de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento semanal de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento semanal en Diámetro

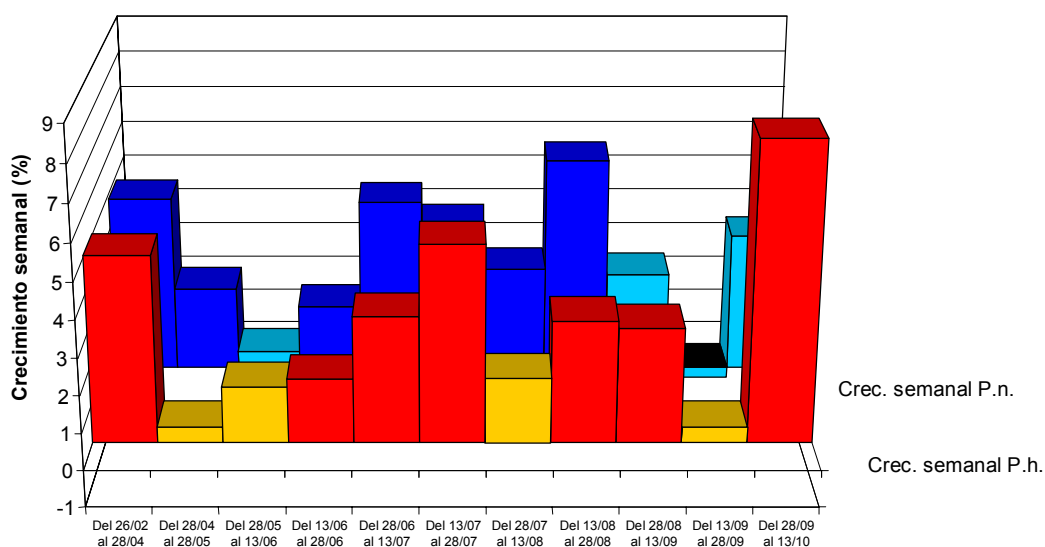


Gráfico 83: Evolución del crecimiento semanal en diámetro de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



• **Crecimiento semanal acumulado:**

| Periodo | Duración del periodo | Crec. semanal acumulado en Diámetro (%) | | | | Var. en % de (*) con respecto a (**) |
|--------------------------|----------------------|---|--------|----------------------|--------|--------------------------------------|
| | | <i>P. halepensis</i> (*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> (**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 40.5728 | SI | 38.7357 | SI | 4.52 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 42.2979 | NO | 47.8890 | SI | -11.67 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 45.3426 | NO | 48.7831 | NO | -7.05 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 48.8222 | SI | 52.3174 | SI | -6.68 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 55.6950 | SI | 61.8297 | SI | -9.92 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 66.4491 | SI | 70.0898 | SI | -5.19 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 69.9823 | NO | 75.8053 | SI | -7.68 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 76.6338 | SI | 87.6502 | SI | -12.56 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 82.9075 | SI | 93.0290 | NO | -10.87 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 83.7775 | NO | 92.4366 | NO | -9.36 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 100.000 | SI | 100.000 | NO | 0.00 |

Tabla 86: Tabla de evolución del crecimiento semanal acumulado de la variable *diámetro (%)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento semanal acumulado de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombra (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento semanal acumulado en Diámetro

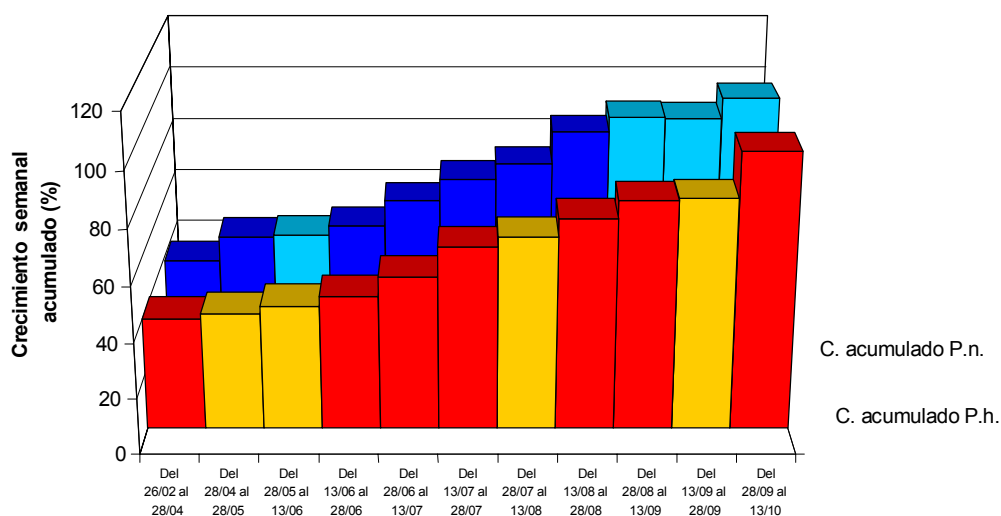


Gráfico 84: Evolución del crecimiento semanal acumulado en diámetro de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.

• *Análisis de regresión:*

| Variables | <i>Pinus halepensis</i> Mill. | | | | <i>Pinus nigra</i> Arn. | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|----------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------|--------|--------|
| | R | R ² | F | P | R | R ² | F | P |
| Crec. corriente en diámetro | | | | | | | | |
| vs. Temperatura máxima | 0.7470 | 0.5580 | 10.101 | 0.0130 | 0.4469 | 0.1997 | 2.2467 | 0.1681 |
| vs. Temperatura media | 0.2002 | 0.0401 | 0.3343 | 0.5790 | 0.2125 | 0.0451 | 0.4259 | 0.5303 |
| vs. Temperatura mínima | -0.1481 | 0.0219 | 0.1795 | 0.6829 | 0.8476 | 0.0071 | 0.0651 | 0.8043 |
| vs. Humedad máxima | 0.0920 | 0.0084 | 0.0683 | 0.8004 | 0.0347 | 0.0012 | 0.0108 | 0.9193 |
| vs. Humedad media | -0.1248 | 0.0155 | 0.1267 | 0.7311 | -0.1253 | 0.0157 | 0.1436 | 0.7135 |
| vs. Humedad mínima | -0.3866 | 0.1494 | 1.4058 | 0.2698 | -0.2960 | 0.0876 | 0.8647 | 0.3767 |
| vs. Radiación máxima | 0.6944 | 0.4822 | 7.4523 | 0.0258 | 0.4683 | 0.2193 | 2.5284 | 0.1463 |
| vs. Radiación media | 0.0986 | 0.0097 | 0.0786 | 0.7863 | 0.2083 | 0.0434 | 0.4083 | 0.5387 |
| vs. Radiación mínima | -0.2325 | 0.0540 | 0.4571 | 0.5180 | 0.0844 | 0.0071 | 0.0645 | 0.8051 |
| vs. Radiación acumulada | 0.1715 | 0.0294 | 0.2426 | 0.6355 | 0.0548 | 0.0030 | 0.0272 | 0.8726 |

Tabla 87: Resultados del análisis de regresión lineal de la variable *crecimiento corriente en diámetro*, con respecto a las variables climáticas para las especies *Pinus halepensis* Mill y *Pinus nigra* Arn. R indica si la relación es positiva o negativa. R² indica el grado de ajuste de la recta y P representa el nivel de significación. P<0.05 indica regresiones significativas, en rojo para *Pinus halepensis* Mill y en azul para *Pinus nigra* Arn.

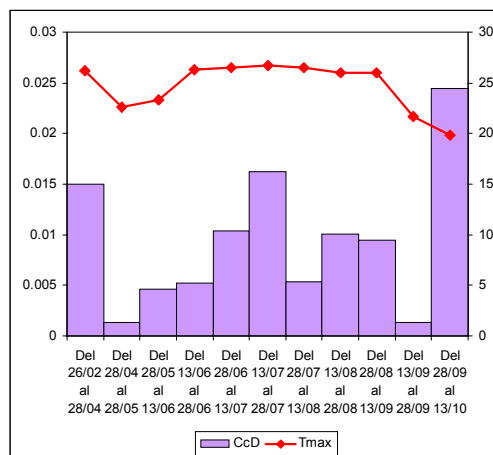
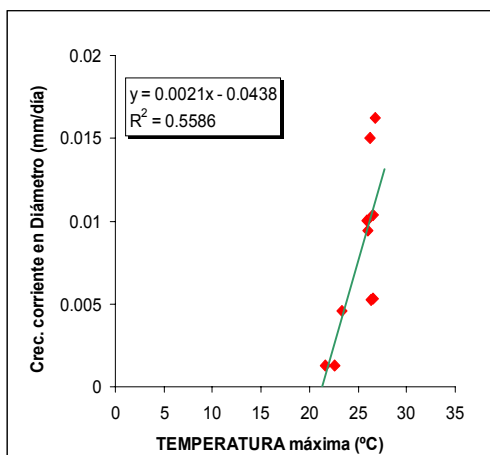


Gráfico 85a: Regresión lineal entre las variables *Crecimiento corriente en Diámetro* y *Temperatura máxima*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 85b:** Evolución del *Crecimiento corriente en diámetro* y la *Temperatura máxima* para la especie *Pinus halepensis* Mill.

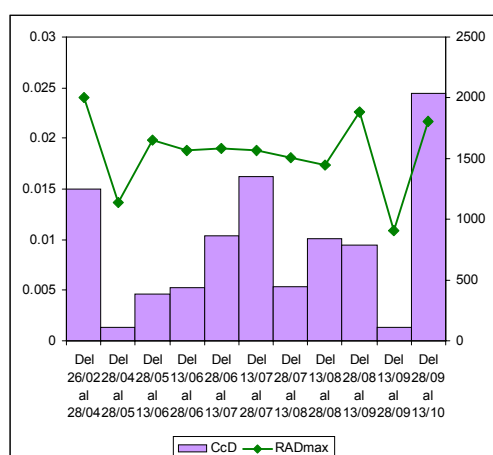
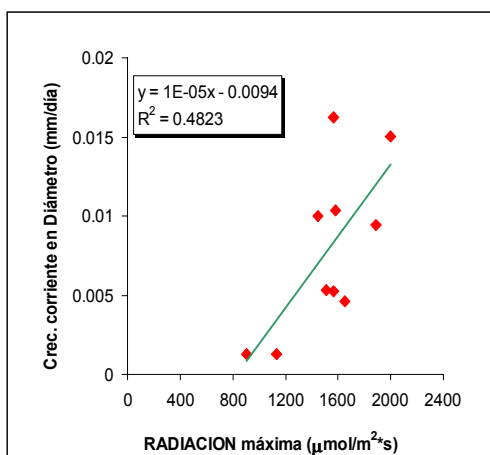


Gráfico 86a: Regresión lineal entre las variables *Crecimiento corriente en Diámetro* y *Radiación máxima*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 86b:** Evolución del *Crecimiento corriente en diámetro* y la *Radiación máxima* para la especie *Pinus halepensis* Mill.

• *Análisis de regresión múltiple:*

| Variables | <i>Pinus halepensis</i> Mill. | | |
|--|-------------------------------|--------|---------|
| | R ² | P | Signo |
| Crecimiento corriente en diámetro | | | |
| vs. Tmax.+RADmax | 0.61456 | 0.0356 | (+)/(+) |
| vs. Tmax.+Hmax | 0.60138 | 0.0400 | (+)/(+) |
| vs. Tmax.+Hmed | 0.62928 | 0.0310 | (+)/(+) |
| vs. Tmax.+Hmin | 0.65309 | 0.0246 | (+)/(+) |
| vs. Tmax.+RADmed | 0.60056 | 0.0403 | (+)/(-) |
| vs. Tmax.+RADacum | 0.68072 | 0.0184 | (+)/(-) |
| vs. RADmax.+Tmed | 0.61336 | 0.0359 | (+)/(+) |
| vs. RADmax.+Tmin | 0.64369 | 0.0270 | (+)/(+) |

Tabla 88: Resultados del análisis de regresión lineal múltiple de la variable *crecimiento corriente en diámetro* con respecto a mas de una variable climática, para la especie *Pinus halepensis* Mill. Signo indica si la relación es positiva o negativa. R² indica el grado de ajuste de la recta y P representa el nivel de significación. P<0.05 indica regresiones significativas en rojo para *Pinus halepensis* Mill.

Discusión:

En el crecimiento en diámetro de *Pinus halepensis* Mill. podemos distinguir dos fases, las cuales están muy relacionas con el crecimiento en altura comentado

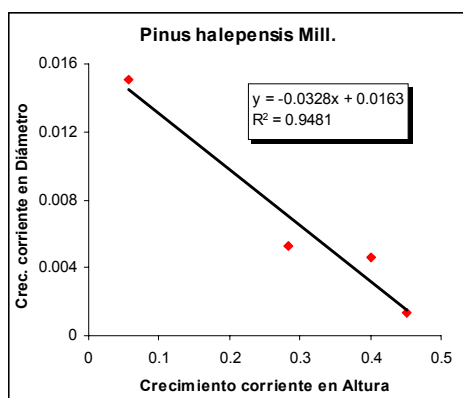


Fig. A: Relación Cc en diámetro vs. Cc en altura hasta el 28 de junio.

anteriormente, cuyo punto de inflexión se situaría entre el 28 de julio y el 13 de agosto. En el primer periodo al que nos referimos, observamos que el diámetro no crece mientras se está produciendo el crecimiento en altura, es decir, en el primer periodo (entre el 26 de febrero y el 28 de abril) *Pinus halepensis* Mill. apenas crece en altura mientras que se da el tercer mayor crecimiento en diámetro de todo el ensayo. En los dos siguientes periodos, el crecimiento en altura aumenta, mientras que el crecimiento el diámetro se detiene, por lo que deducimos que se da una relación inversa entre ambos crecimientos hasta el 28 de junio, en donde *Pinus halepensis* Mill., cuando crece en diámetro no crece en altura, y viveversa (**Fig. A**). A continuación se retoma de nuevo el crecimiento en diámetro, incrementándose progresivamente hasta alcanzar su segundo máximo 15 días después del máximo crecimiento en altura. Después para de nuevo, coincidiendo esta vez con la detención del crecimiento en altura. En este momento comienza una segunda fase, en la que observamos que la especie evoluciona de la misma manera tanto en altura como en diámetro, creciendo del 13 de agosto al 13 de septiembre, a un ritmos superior al 3 % semanal. Detiene de nuevo su crecimiento entre el 13 de septiembre y el 28 de septiembre, para finalmente alcanzar su máximo crecimiento en diámetro en el último periodo.

En cuanto al periodo entre el 13 de septiembre y el 28 de septiembre, donde tampoco detectamos crecimiento, vemos que existe una importante reducción de la temperatura máxima, radiación máxima y la radiación acumulada, por lo que la reducción del fotoperiodo y de la temperaturas parece que induce la paralización del crecimiento en diámetro (**Fig. B**). Este hecho se corrobora en el análisis de regresión, encontrando relaciones significativas con la temperatura máxima y la radiación máxima, ambas positivas, dándose los mejores crecimientos entre los 22 y los 27°C de temperatura máxima y con más de 1600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ de radiación máxima.

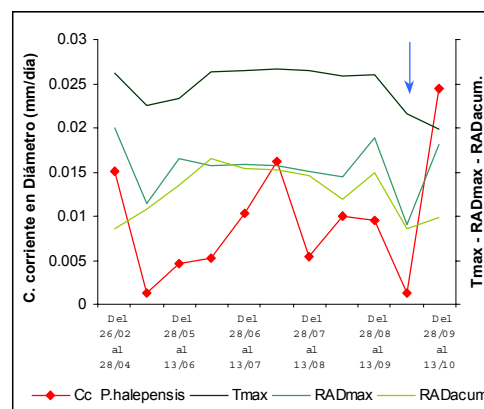


Fig. B: Evolución de Tmax, RADmax, y RADacum, con respecto a Cc en diámetro. La flecha azul marca el momento de la detención del Cc en diámetro.

Al igual que en *Pinus halepensis* Mill., en *Pinus nigra* Arn. el crecimiento inicial en diámetro es muy elevado, solo que en el caso de esta especie se prolonga un periodo de tiempo más, llegando a solaparse con el segundo mayor crecimiento en altura. Estos crecimiento iniciales suponen casi el 48 % del crecimiento total (42 % en el caso de *Pinus halepensis* Mill.). Tras un periodo en el que el crecimiento en diámetro se detiene, esta especie vuelve a crecer hasta el 28 de agosto, momento en el que tras el mayor crecimiento en diámetro, este se satura, parando de crecer definitivamente con el 87,65 % del diámetro final alcanzado.

Aunque en esta especie del análisis de regresión no obtenemos que el crecimiento en diámetro se correlacione con ninguna variable climática, vemos que el momento de mayor crecimiento se corresponde con la mayor temperatura media y radiación media (22,73°C y 861,33 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) deteniéndose definitivamente cuando estas variables climáticas se reducen considerablemente (18.91°C y 618,89 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) (**Fig. C** y **Fig. D**).

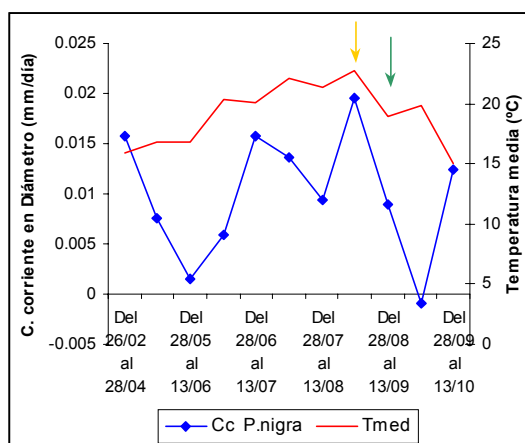


Fig. C: Evolución de la temperatura media y el crecimiento corriente en diámetro. La flecha amarilla señala el crecimiento máximo. La flecha verde señala la paralización del crecimiento.

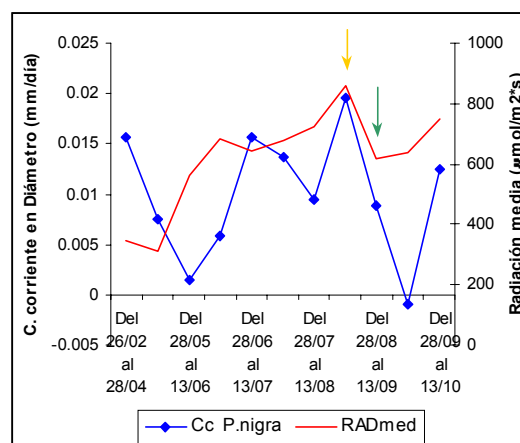


Fig. D: Evolución de la radiación media y el crecimiento corriente en diámetro. La flecha amarilla señala el crecimiento máximo. La flecha verde señala la paralización del crecimiento.

Se ha observado en el análisis de regresión múltiple que el crecimiento en diámetro se encuentra correlacionado frecuentemente con más de una variable climática, mejorando



los coeficientes de correlación obtenidos de manera aislada. Se puede destacar, que la variable que habitualmente se ve relacionado, siempre de forma positiva, es la temperatura máxima, por lo que parece que es este el factor que más influye en la tasa de crecimiento.



➤ **Número de ramificaciones de la parte aérea:**

- *Crecimiento corriente:*

| Periodo | Duración del periodo | Crec. corriente en N° Ramas (ramas/día) | | | | Var. en % de ^(*) con respecto a ^(**) |
|--------------------------|----------------------|---|--------|---------------------------------|--------|--|
| | | <i>P. halepensis</i> ^(*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> ^(**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.000 | - | 0.000 | - | - |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 0.000 | - | 0.000 | - | - |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 0.000 | - | 0.000 | - | - |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 0.010 | NO | 0.000 | - | 100.00 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 0.240 | SI | 0.065 | SI | 72.91 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 0.067 | SI | 0.031 | NO | 53.73 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 0.006 | NO | -0.020 | NO | 130.00 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 0.067 | SI | 0.016 | NO | 76.11 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 0.028 | NO | 0.013 | NO | 53.57 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 0.043 | NO | -0.028 | NO | 165.11 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 0.066 | NO | 0.018 | NO | 72.72 |

Tabla 89: Tabla de evolución del crecimiento corriente de la variable *número de ramificaciones (ramas/día)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento corriente de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombra (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento corriente en Número de ramas

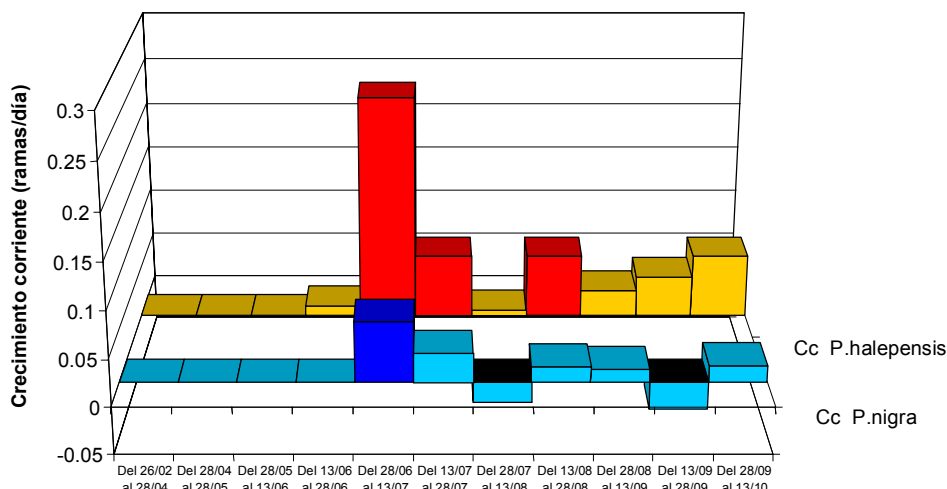


Gráfico 87: Evolución del crecimiento corriente en número de ramas de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



• **Crecimiento medio:**

| Periodo | Duración del periodo | Crec. medio en Número de ramas (ramas/día) | | | | Var. en % de con respecto a ^(**) |
|--------------------------|----------------------|--|--------|---------------------------------|--------|---|
| | | <i>P. halepensis</i> ^(*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> ^(**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.000 | - | 0.000 | - | - |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 0.000 | - | 0.000 | - | - |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 0.000 | - | 0.000 | - | - |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 0.001 | NO | 0.000 | - | 100.00 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 0.027 | SI | 0.007 | SI | 74.07 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 0.031 | SI | 0.009 | NO | 70.96 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 0.029 | NO | 0.006 | NO | 79.31 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 0.032 | SI | 0.007 | NO | 78.12 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 0.032 | NO | 0.008 | NO | 75.00 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 0.032 | NO | 0.005 | NO | 84.37 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 0.035 | NO | 0.006 | NO | 82.85 |

Tabla 90: Tabla de evolución del crecimiento medio de la variable *número de ramas (ramas/día)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento medio de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento medio en Número de ramas

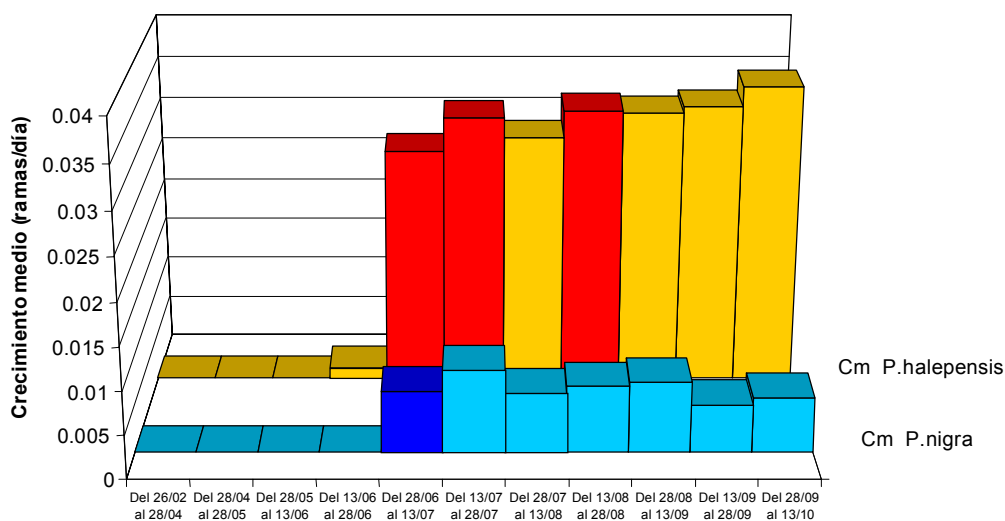


Gráfico 88: Evolución del crecimiento medio en número de ramas de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



• **Crecimiento semanal:**

| Periodo | Duración del periodo | Crec. semanal en Número de ramas (%) | | | | Var. en % de ^(*) con respecto a ^(**) |
|--------------------------|----------------------|--------------------------------------|--------|---------------------------------|--------|--|
| | | <i>P. halepensis</i> ^(*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> ^(**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.000 | - | 0.000 | - | - |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 0.000 | - | 0.000 | - | - |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 0.000 | - | 0.000 | - | - |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 0.943 | NO | 0.000 | - | 100.00 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 22.720 | SI | 33.620 | SI | -32.42 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 6.367 | SI | 16.379 | NO | -61.12 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 0.550 | NO | -10.344 | NO | 105.31 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 6.367 | SI | 8.620 | NO | -26.13 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 2.672 | NO | 7.029 | NO | -61.98 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 4.080 | NO | -14.787 | NO | 12.59 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 6.289 | NO | 9.482 | NO | -33.67 |

Tabla 91: Tabla de evolución del crecimiento semanal de la variable *número de ramas (%)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento semanal de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento semanal en Número de

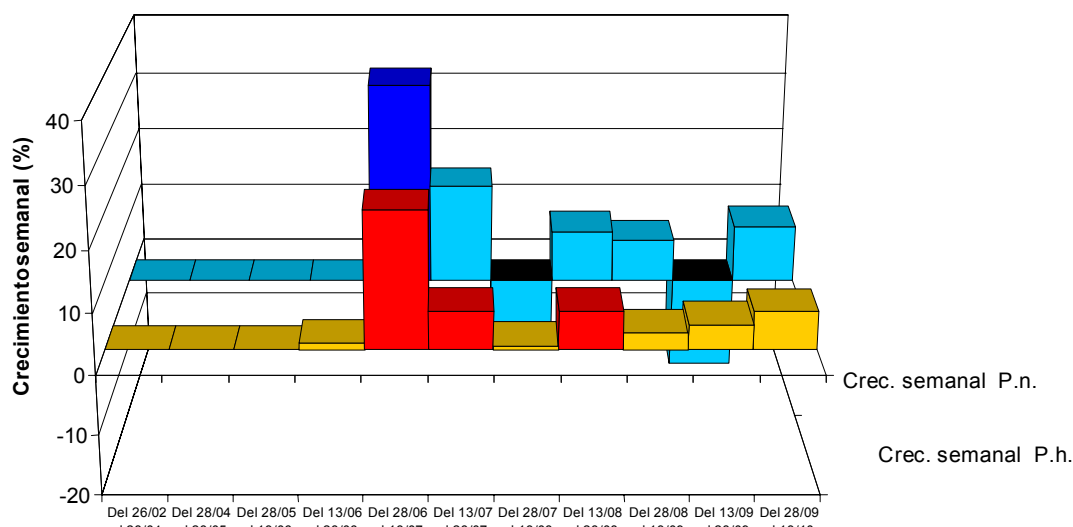


Gráfico 89: Evolución del crecimiento semanal en número de ramas de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



- **Crecimiento semanal acumulado:**

| Periodo | Duración del periodo | C. sem. acumulado en Número de ramas (%) | | | | Var. en % de (*) con respecto a (**) |
|-----------------------------|----------------------|--|--------|----------------------|--------|---|
| | | <i>P. halepensis</i> (*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> (**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.000 | - | 0.000 | - | - |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 0.000 | - | 0.000 | - | - |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 0.000 | - | 0.000 | - | - |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 1.886 | NO | 0.000 | - | 100.00 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 47.327 | SI | 67.241 | SI | -29.61 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 60.062 | SI | 100.000 | NO | -39.93 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 61.163 | NO | 79.310 | NO | -22.88 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 73.899 | SI | 96.551 | NO | -23.46 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 79.245 | NO | 110.610 | NO | -28.35 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 87.421 | NO | 81.034 | NO | 7.30 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 100.000 | NO | 100.000 | NO | 0.00 |

Tabla 92: Tabla de evolución del crecimiento semanal acumulado de la variable *número de ramas (%)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento semanal acumulado de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento semanal acumulado en Número de ramas

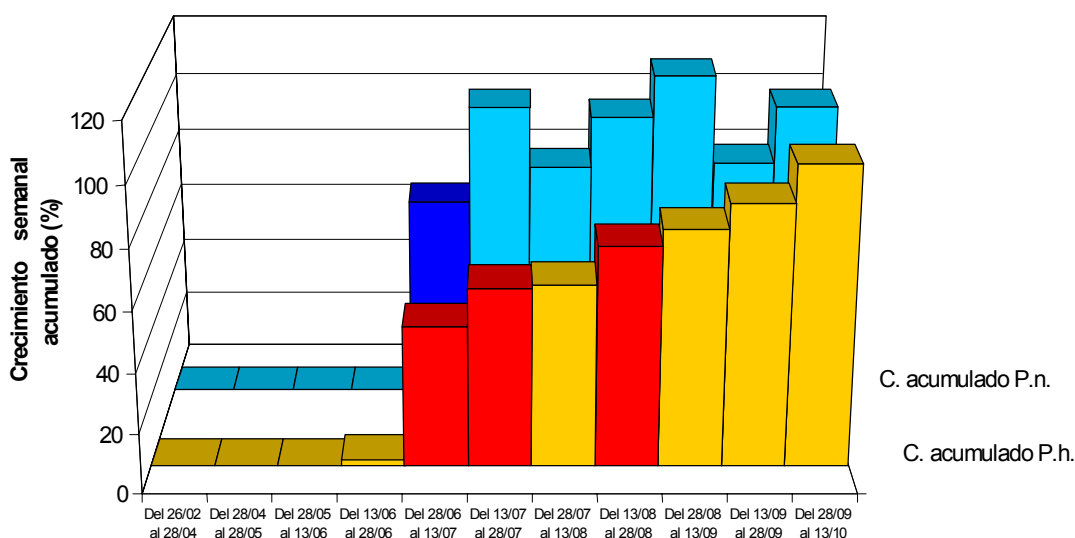


Gráfico 90: Evolución del crecimiento semanal acumulado en número de ramas de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.

• *Análisis de regresión:*

| Variables | <i>Pinus halepensis</i> Mill. | | | | <i>Pinus nigra</i> Arn. | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------------|--------|--------|-------------------------|----------------|--------|--------|
| | R | R ² | F | P | R | R ² | F | P |
| Crec. corriente en nº de ramas | | | | | | | | |
| vs. Temperatura máxima | 0.1622 | 0.0263 | 0.2432 | 0.6337 | 0.3023 | 0.0914 | 0.9054 | 0.3662 |
| vs. Temperatura media | 0.2667 | 0.0711 | 0.6894 | 0.4278 | 0.1233 | 0.0152 | 0.1390 | 0.7179 |
| vs. Temperatura mínima | 0.2014 | 0.0405 | 0.3805 | 0.5526 | -0.1544 | 0.0238 | 0.2199 | 0.6502 |
| vs. Humedad máxima | -0.3293 | 0.1085 | 1.0953 | 0.3226 | -0.0525 | 0.0027 | 0.0249 | 0.8781 |
| vs. Humedad media | -0.4114 | 0.1692 | 1.8339 | 0.2087 | -0.2548 | 0.0649 | 0.6252 | 0.4494 |
| vs. Humedad mínima | -0.3822 | 0.1461 | 1.5399 | 0.2460 | -0.4186 | 0.1752 | 1.9121 | 0.2001 |
| vs. Radiación máxima | 0.0033 | 0.0000 | 0.0001 | 0.9922 | 0.3701 | 0.1370 | 1.4290 | 0.2625 |
| vs. Radiación media | 0.3157 | 0.0996 | 0.9965 | 0.3442 | 0.1707 | 0.0291 | 0.2704 | 0.6156 |
| vs. Radiación mínima | 0.0701 | 0.0049 | 0.0445 | 0.8376 | -0.2191 | 0.0480 | 0.4539 | 0.5174 |
| vs. Radiación acumulada | 0.2508 | 0.0629 | 0.6043 | 0.4569 | 0.4099 | 0.1680 | 1.8176 | 0.2105 |

Tabla 93: Resultados del análisis de regresión lineal de la variable *crec. corriente en número de ramas*, con respecto a las variables climáticas para las especies *Pinus halepensis* Mill y *Pinus nigra* Arn. R indica si la relación es positiva o negativa. R² indica el grado de ajuste de la recta y P representa el nivel de significación. P<0.05 indica regresiones significativas, en rojo para *Pinus halepensis* Mill y en azul para *Pinus nigra* Arn.

Discusión:

Aunque el numero de ramas que emite cada una de las especies difiere en gran medida, motivado sin duda por la propia biología de cada especie, en lo que se refiere a la evolución de la tasa de emisión de las mismas ambas especies, presenta un comportamiento prácticamente idéntico.

Detectamos que el inicio en la emisión de ramas se produce entre el 28 de junio y el 13 de julio en ambas especies, coincidiendo con las fechas de máximo crecimiento en altura tanto en *Pinus nigra* Arn. como en *Pinus halepensis* Mill.. Sin embargo, mientras *Pinus nigra* Arn., emite todas las ramas en ese periodo (estimándose en 1,5 ramas/planta de promedio), *Pinus halepensis* Mill. emite un 72 % de las ramas totales, prolongando un periodo más la emisión de las mismas. Se ha observado que aunque no exista ninguna variable que se correlacione significativamente con la tasa de emisión de nuevas ramas, estas comienzan con temperaturas medias superan los 20°C, y los 135 mol/m²*s de radiación acumulada (**Fig. E y F**).

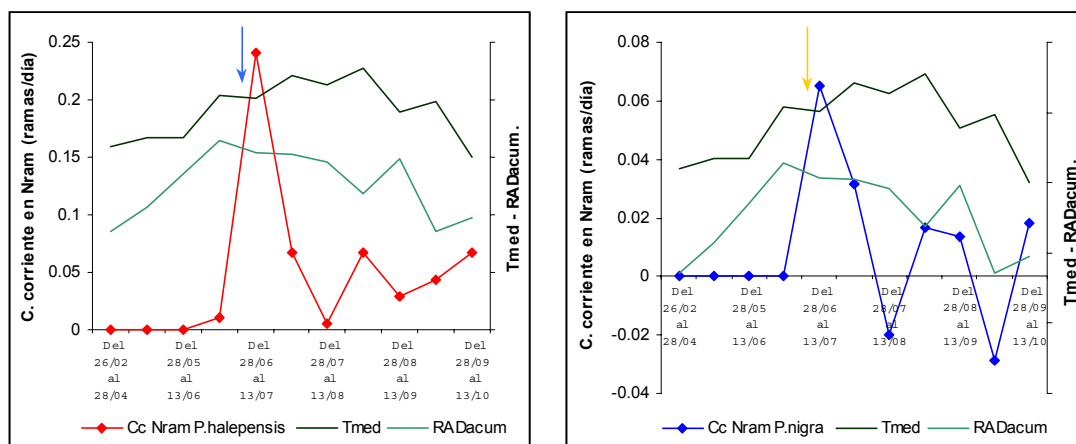


Fig. E y F: Evolución de la temperatura media y crecimiento corriente en nº de ramas de *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. La flecha señala el inicio del crecimiento.

➤ **Peso seco de la parte aérea:**• **Crecimiento corriente:**

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento corriente en PSA (mg/día) | | | | Var. en % de ^(*) con respecto a ^(**) |
|--------------------------|----------------------|---------------------------------------|--------|---------------------------------|--------|--|
| | | <i>P. halepensis</i> ^(*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> ^(**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.3543 | SI | 0.5383 | SI | -34.18 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 1.6378 | SI | 2.4369 | SI | -32.79 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 1.9045 | SI | 3.6880 | SI | -48.35 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 2.6236 | SI | 4.0533 | SI | -35.27 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 8.6441 | SI | 10.9598 | SI | -21.12 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 5.5605 | SI | 6.0131 | SI | -7.52 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 5.8295 | SI | 3.8373 | SI | 34.17 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 7.1331 | SI | 8.7780 | SI | -18.73 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 10.9268 | SI | 6.2743 | NO | 42.57 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | -1.5422 | NO | -2.7371 | NO | 43.65 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 26.8963 | SI | 19.6705 | SI | 27.04 |

Tabla 94: Tabla de evolución del crecimiento corriente de la variable *peso seco de la parte aérea* (mg/día) de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento corriente de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento corriente en PSA

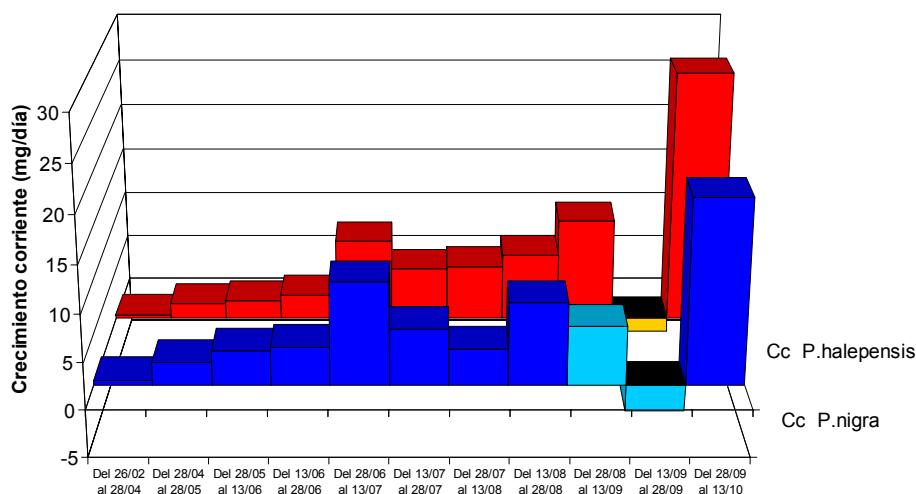


Gráfico 91: Evolución del crecimiento corriente en peso seco de la parte aérea de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



- **Crecimiento medio:**

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento medio en PSA (mg/día) | | | | Var. en % de (*) con respecto a (**) |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------------------|--------|----------------------|--------|---|
| | | <i>P. halepensis</i> (*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> (**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.3543 | SI | 0.5383 | SI | -34.18 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 0.7775 | SI | 1.1672 | SI | -33.38 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 0.9369 | SI | 1.5214 | SI | -38.41 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 1.1460 | SI | 1.8352 | SI | -37.55 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 1.9730 | SI | 2.8416 | SI | -30.56 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 2.3294 | SI | 3.1567 | SI | -26.20 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 2.6457 | SI | 3.2182 | SI | -17.78 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 3.0175 | SI | 3.6789 | SI | -17.97 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 3.6228 | SI | 3.8776 | NO | -6.57 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 3.2557 | NO | 3.4073 | NO | -4.44 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 4.8247 | SI | 4.4867 | SI | 7.00 |

Tabla 95: Tabla de evolución del crecimiento medio de la variable *peso seco de la parte aérea (mg/día)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento medio de una especie con respecto a la otra. Resultado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento medio en PSA

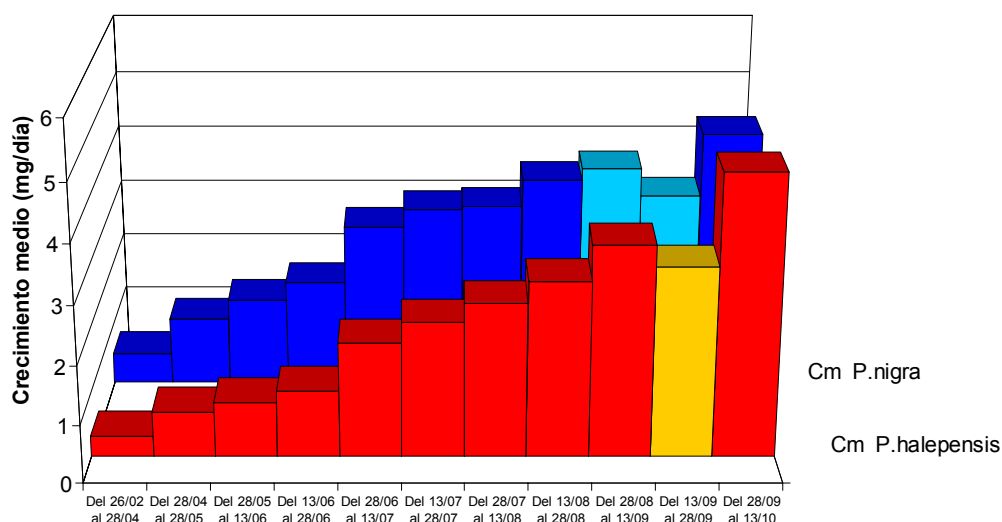


Gráfico 92: Evolución del crecimiento medio en peso seco de la parte aérea de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



- **Crecimiento semanal:**

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento semanal en PSA (%) | | | | Var. en % de (*) con respecto a (**) |
|-----------------------------|----------------------|--------------------------------|--------|----------------------|--------|---|
| | | <i>P. halepensis</i> (*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> (**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.2478 | SI | 0.4048 | SI | -38.78 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 1.1265 | SI | 1.8024 | SI | -37.50 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 1.3099 | SI | 2.7278 | SI | -51.97 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 1.8045 | SI | 2.9979 | SI | -39.80 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 5.9456 | SI | 8.1063 | SI | -26.66 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 3.8246 | SI | 4.4475 | SI | -14.00 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 4.0096 | SI | 2.8382 | SI | 29.19 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 4.9063 | SI | 6.4925 | SI | -24.43 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 7.5157 | SI | 4.6407 | NO | 38.25 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | -1.0607 | NO | -2.0245 | NO | 47.60 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 18.4998 | SI | 14.5490 | SI | 21.35 |

Tabla 96: Tabla de evolución del crecimiento semanal de la variable *peso seco de la parte aérea (%)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento semanal de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombra (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

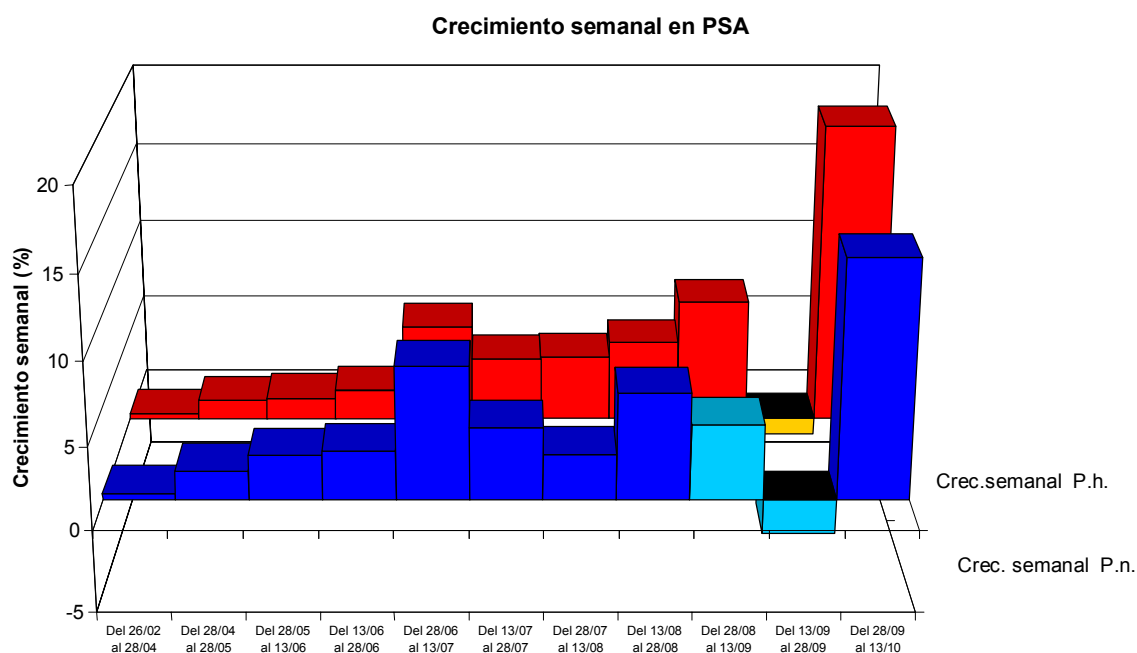


Gráfico 93: Evolución del crecimiento semanal en peso seco de la parte aérea de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



- **Crecimiento semanal acumulado:**

| Periodo | Duración del periodo | Crec. semanal acumulado en PSA (%) | | | | Var. en % de (*) con respecto a (**) |
|--------------------------|----------------------|------------------------------------|--------|----------------------|--------|--------------------------------------|
| | | <i>P. halepensis</i> (*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> (**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 1.9825 | SI | 3.2387 | SI | -38.78 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 6.4886 | SI | 10.4485 | SI | -37.89 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 9.1086 | SI | 15.9041 | SI | -42.72 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 12.7178 | SI | 21.9001 | SI | -41.92 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 24.6090 | SI | 38.1127 | SI | -35.43 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 32.2583 | SI | 47.0079 | SI | -31.37 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 40.2776 | SI | 52.6843 | SI | -23.54 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 50.0903 | SI | 65.6694 | SI | -23.72 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 65.1218 | SI | 74.9509 | NO | -13.11 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 63.0002 | NO | 70.9019 | NO | -11.14 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 100.000 | SI | 100.000 | SI | 0.00 |

Tabla 97: Tabla de evolución del crecimiento semanal acumulado de la variable *peso seco de la parte aérea (%)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento semanal acumulado de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombra (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento semanal acumulado en PSA

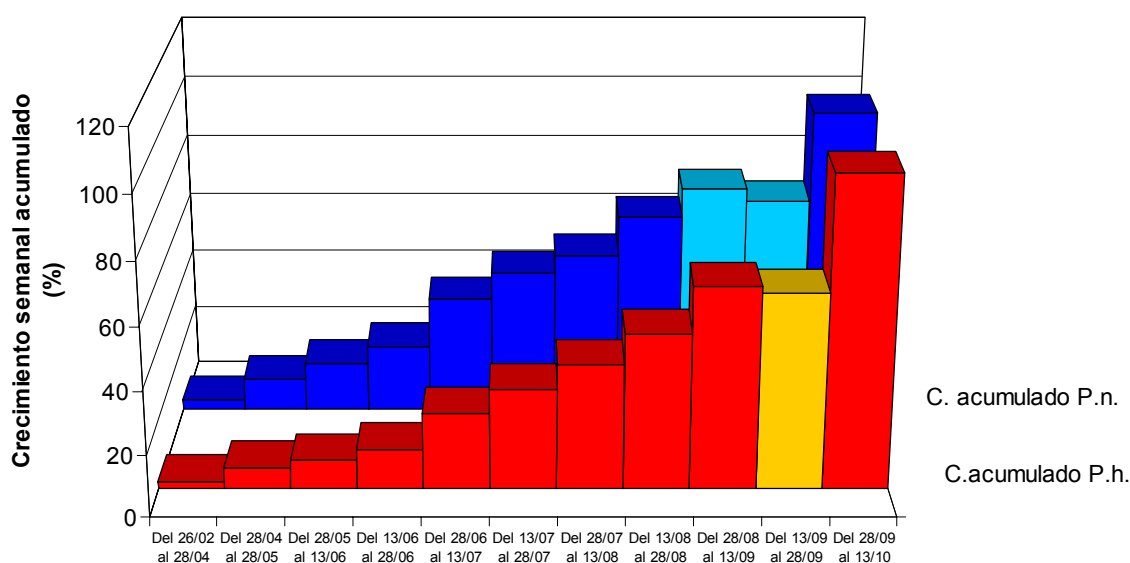


Gráfico 94: Evolución del crecimiento semanal acumulado en peso seco de la parte aérea de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



• *Análisis de regresión:*

| Variables | <i>Pinus halepensis</i> Mill. | | | | <i>Pinus nigra</i> Arn. | | | |
|--|-------------------------------|----------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------|---------------|---------------|
| | R | R ² | F | P | R | R ² | F | P |
| C. corriente en Peso seco aéreo | | | | | | | | |
| vs. Temperatura máxima | 0.6485 | 0.4205 | 5.8066 | 0.0425 | 0.5658 | 0.3201 | 3.7669 | 0.0882 |
| vs. Temperatura media | 0.4608 | 0.2123 | 2.1569 | 0.1801 | 0.5426 | 0.2944 | 3.3386 | 0.1051 |
| vs. Temperatura mínima | 0.0070 | 0.0000 | 0.0004 | 0.9845 | 0.1569 | 0.0246 | 0.2019 | 0.6651 |
| vs. Humedad máxima | -0.3493 | 0.1220 | 1.1122 | 0.3224 | -0.4082 | 0.1666 | 1.6002 | 0.2415 |
| vs. Humedad media | -0.5542 | 0.3072 | 3.5479 | 0.0964 | -0.5641 | 0.3183 | 3.7356 | 0.0893 |
| vs. Humedad mínima | -0.6489 | 0.42116 | 5.8207 | 0.0423 | -0.5723 | 0.3275 | 3.8966 | 0.0838 |
| vs. Radiación máxima | 0.4286 | 0.1837 | 1.8005 | 0.2165 | 0.2368 | 0.0512 | 0.4756 | 0.5099 |
| vs. Radiación media | 0.4790 | 0.2295 | 2.3831 | 0.1612 | 0.5566 | 0.3098 | 3.5912 | 0.0947 |
| vs. Radiación mínima | -0.1362 | 0.0185 | 0.1513 | 0.7074 | -0.0127 | 0.0001 | 0.0012 | 0.9722 |
| vs. Radiación acumulada | 0.6563 | 0.4307 | 6.0542 | 0.0393 | 0.6333 | 0.4011 | 5.3588 | 0.0493 |

Tabla 98: Resultados del análisis de regresión lineal de la variable *crec. corriente en peso seco aéreo*, con respecto a las variables climáticas para las especies *Pinus halepensis* Mill y *Pinus nigra* Arn. R indica si la relación es positiva o negativa. R² indica el grado de ajuste de la recta y P representa el nivel de significación. P<0.05 indica regresiones significativas, en rojo para *Pinus halepensis* Mill y en azul para *Pinus nigra* Arn.

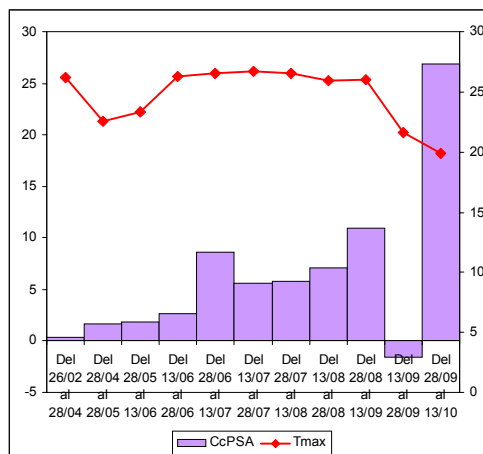
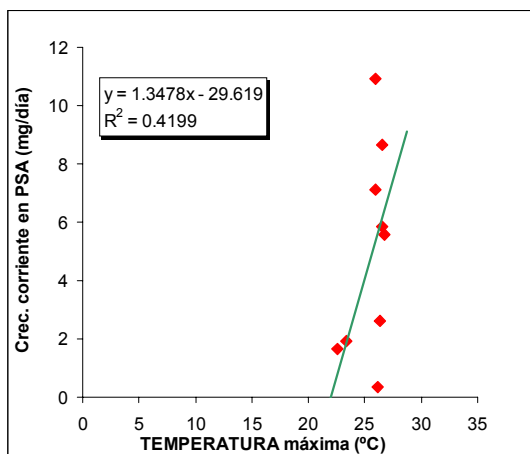


Gráfico 95a: Regresión lineal entre las variables *Crecimiento corriente en PSA* y *Temperatura máxima*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 95b:** Evolución del *Crecimiento corriente en PSA* y la *Temperatura máxima* para la especie *Pinus halepensis* Mill.

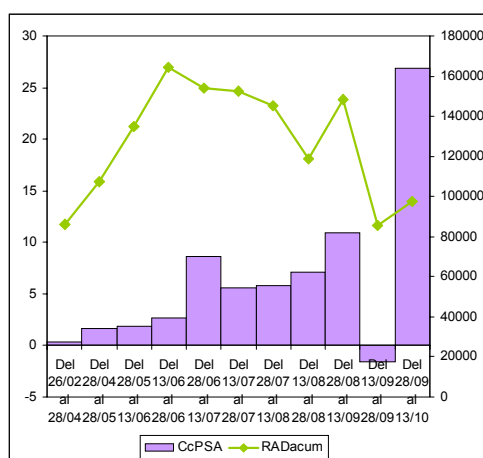
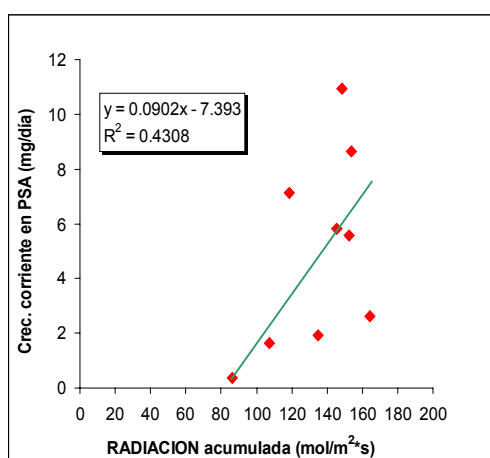


Gráfico 96a: Regresión lineal entre las variables *Crecimiento corriente en PSA* y *Radiación acumulada*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 96b:** Evolución del *Crecimiento corriente en PSA* y la *Radiación acumulada* para la especie *Pinus halepensis* Mill.

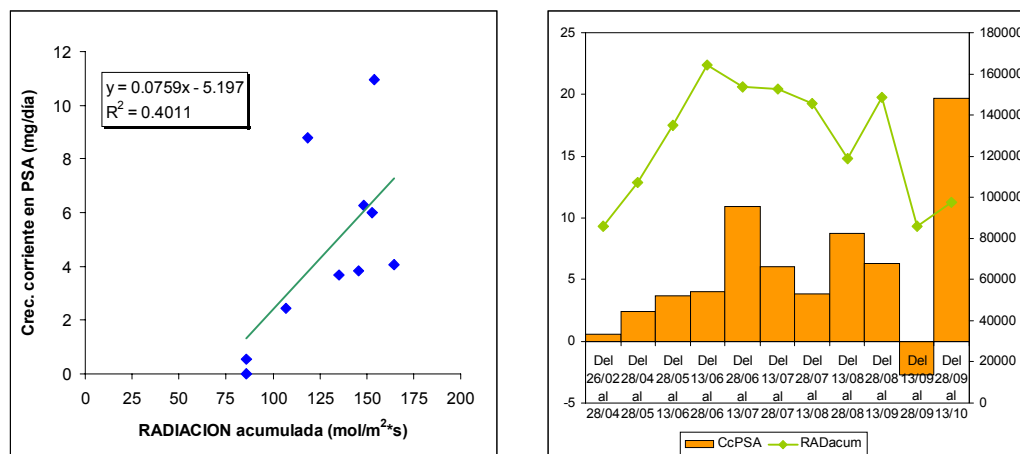


Gráfico 97a: Regresión lineal entre las variables *Crecimiento corriente en PSA* y *Radiación acumulada*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 97b:** Evolución del *Crecimiento corriente en PSA* y la *Radiación acumulada* para la especie *Pinus nigra* Arn.

Discusión:

El crecimiento en peso seco aéreo en *Pinus halepensis* Mill. sigue una evolución creciente a lo largo de todo el ensayo, no apreciándose síntomas de saturación del mismo en el momento de la finalización del ensayo.

Tras un comienzo en el que los crecimientos son bajos, estos van incrementándose progresivamente hasta alcanzar entre el 28 de junio y el 13 de julio el tercer máximo valor del crecimiento en PSA, periodo que coincide con el máximo periodo de crecimiento en altura y número de ramas, lógicamente este aumento en altura se traduce en un incremento sustancial en biomasa aérea, de la que también participa la mayoritaria emisión de ramas. Tras este crecimiento, vemos que el crecimiento semanal en tanto por ciento disminuye, coincidiendo con la fase en ausencia de fertilización, para a continuación incrementar sus tasas de crecimiento hasta alcanzar el segundo máximo el 13 de septiembre. Cuando alcanza el 65 % del PSA total deja de crecer, para en el último periodo mostrar el la mayor tasa de crecimiento de todo el ensayo (tasa de crecimiento semanal 18,5 %). Este máximo, coincide con la segunda tasa de crecimiento en altura más alta, y con la más alta en diámetro, siendo esta variable la que probablemente participe más intensamente en el aumento en PSA. La parada del crecimiento en PSA que se produce entre el 13 de septiembre y el 28 de septiembre coincide con la detención del crecimiento en altura, diámetro y número de ramas.

Con respecto al análisis de regresión, vemos que existen regresiones significativas con respecto a tres de las variables climáticas, la temperatura máxima, la humedad mínima, y la radiación acumulada. De las tres, la variable que presenta mejores coeficientes de correlación es la radiación acumulada, esta regresión es positiva, dándose los mejores crecimientos entre los 135 y los 160 mol/m²*s. También se correlaciona positivamente con la temperatura máxima situándose el óptimo de crecimiento en PSA, entre los 25 y los 27°C. En cuanto a la humedad mínima, aunque la regresión sale significativa, se ha descartado que esta variable pudiera influir en la tasa de crecimiento en PSA, ya que, los resultados que arroja la regresión no son lógicos (a menor humedad mínima, mayor



crecimiento en PSA) debido a que ésta variable está correlacionada con la temperatura máxima, hecho en este caso lógico, ya que a mayor temperatura, en condiciones normales, la humedad tiende a disminuir (Fig.G).

La evolución del crecimiento en PSA de *Pinus nigra* Arn., es muy semejante a la de *Pinus halepensis* Mill., pero es preciso realizar algunas matizaciones.

Al igual que *Pinus halepensis* Mill., presenta tasas de crecimiento progresivamente crecientes hasta el 28 de junio, periodo en el que alcanza la segunda tasa de crecimiento más alta, y que al igual que en *Pinus halepensis* Mill., coincide con la mayor tasa de crecimiento altura, y con el comienzo en la emisión de la ramificación. A continuación decrece la tasa de crecimiento registrada, pero a diferencia con *Pinus halepensis* Mill., que reduce sus tasas en el primer periodo y se mantiene estable en el siguiente, en *Pinus nigra* Arn. estas decrecen entre el 13 de julio y el 13 de agosto. Finalmente encontramos que la tasa de crecimiento en PSA se detienen entre el 28 de agosto y el 28 de septiembre, dos periodos después que la finalización del crecimiento en altura, y uno después de la finalización del crecimiento en diámetro. Sin embargo en este caso esta ausencia del crecimiento en biomasa aérea, es temporal, ya que el mayor incremento en PSA se produce en el último periodo del estudio, alcanzándose valores de 14,5 % de crecimiento semanal.

Es curioso que ambas especies presenten parada en la tasa de crecimiento en PSA cuando alcanzan el 65 % de la biomasa total.

El análisis de regresión solo aporta relaciones significativas con la radiación acumulada. En esta regresión vemos que los menores crecimientos se dan con radiaciones acumuladas por debajo de los 110 mol/m²*s, mientras que el rango óptimo se situaría entre los 135 y 170 mol/m²*s.

Comparativamente, vemos que *Pinus nigra* Arn., presenta crecimientos medios y acumulados mayores a los de *Pinus halepensis* Mill. Mientras que esta situación solo se da en los crecimiento corrientes y semanales hasta el 13 de septiembre momento en que *Pinus nigra* Arn. detiene su crecimiento, siendo desde esta fecha hasta el final del cultivo *Pinus halepensis* Mill. la especie que crece más.

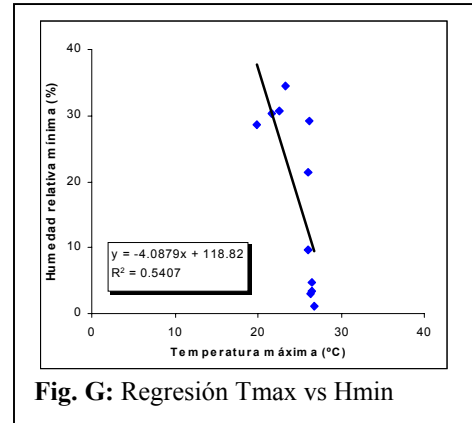


Fig. G: Regresión Tmax vs Hmin

➤ **Peso seco de la parte radical:**• **Crecimiento corriente:**

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento corriente en PSR (mg/día) | | | | Var. en % de (*) con respecto a (**) |
|--------------------------|----------------------|---------------------------------------|--------|----------------------|--------|--------------------------------------|
| | | <i>P. halepensis</i> (*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> (**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.2129 | SI | 0.3636 | SI | -41.44 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 1.1825 | SI | 1.0823 | SI | 8.47 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 2.3472 | SI | 2.8258 | SI | -16.93 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 2.9438 | SI | 3.8048 | SI | -22.62 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 4.7953 | SI | 5.6591 | SI | -15.26 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 5.2329 | SI | 4.6220 | SI | 11.67 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 2.2542 | SI | 4.4491 | SI | -49.33 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 7.9247 | SI | 11.6281 | SI | -31.84 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 6.3706 | SI | 3.9422 | NO | 38.11 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 3.1110 | NO | 3.2405 | NO | -3.99 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 8.6328 | SI | 10.7891 | SI | -19.98 |

Tabla 99: Tabla de evolución del crecimiento corriente de la variable *peso seco de la parte radical* (mg/día) de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento corriente de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

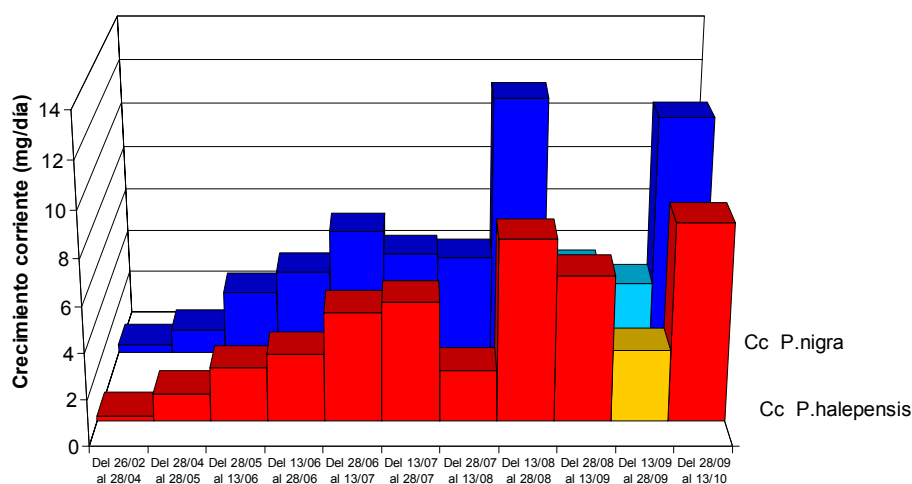
Crecimiento corriente en PSR

Gráfico 98: Evolución del crecimiento corriente en peso seco de la parte radical de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



- **Crecimiento medio:**

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento medio en PSR (mg/día) | | | | Var. en % de (*) con respecto a (**) |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------------------|--------|----------------------|--------|---|
| | | <i>P. halepensis</i> (*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> (**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.2129 | SI | 0.3636 | SI | -41.44 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 0.5326 | SI | 0.6005 | SI | -11.30 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 0.7893 | SI | 0.9154 | SI | -13.77 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 1.0564 | SI | 1.2736 | SI | -17.05 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 1.4688 | SI | 1.7573 | SI | -16.41 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 1.8427 | SI | 2.0419 | SI | -9.75 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 1.8799 | SI | 2.2594 | SI | -16.79 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 2.3808 | SI | 3.0358 | SI | -21.57 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 2.6862 | SI | 3.1052 | NO | -13.49 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 2.7164 | NO | 3.1148 | NO | -12.79 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 3.1091 | SI | 3.6242 | SI | -14.21 |

Tabla 100: Tabla de evolución del crecimiento medio de la variable *peso seco de la parte radical (mg/día)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento medio de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento medio en PSR

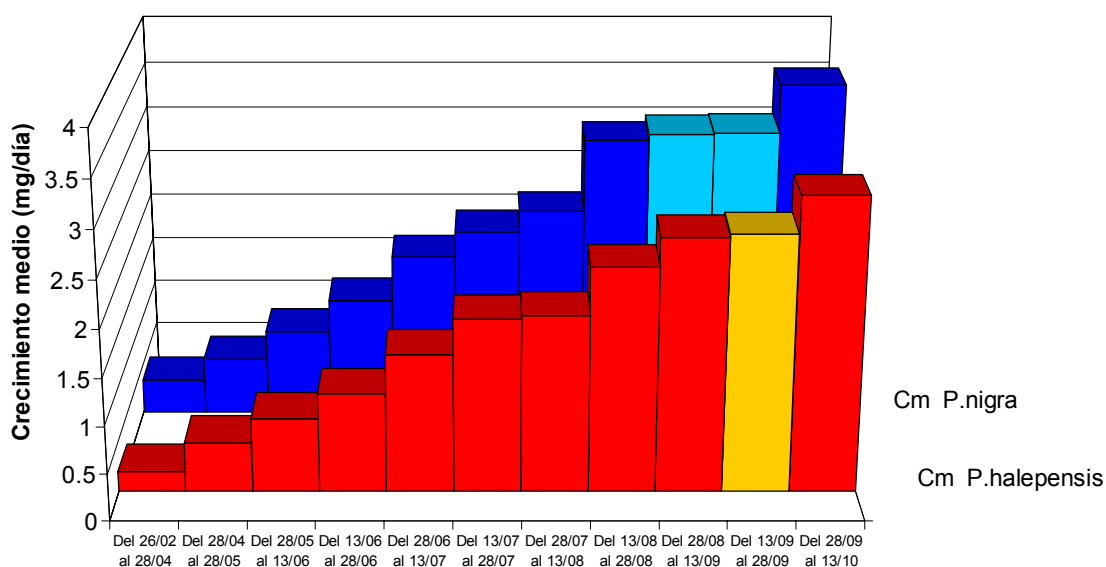


Gráfico 99: Evolución del crecimiento medio en peso seco de la parte radical de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



- **Crecimiento semanal:**

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento semanal en PSR (%) | | | | Var. en % de (*) con respecto a (**) |
|-----------------------------|----------------------|--------------------------------|--------|----------------------|--------|---|
| | | <i>P. halepensis</i> (*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> (**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.2311 | SI | 0.3385 | SI | -31.72 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 1.2622 | SI | 0.9910 | SI | 21.48 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 2.5053 | SI | 2.5875 | SI | -3.17 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 3.1421 | SI | 3.4839 | SI | -9.81 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 5.1184 | SI | 5.1819 | SI | -1.22 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 5.5854 | SI | 4.2322 | SI | 24.22 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 2.4061 | SI | 4.0739 | SI | -40.93 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 8.4586 | SI | 10.6475 | SI | -20.55 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 6.7998 | SI | 3.6098 | NO | 46.91 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 3.3206 | NO | 2.9672 | NO | 10.64 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 9.2144 | SI | 9.8793 | SI | -6.76 |

Tabla 101: Tabla de evolución del crecimiento semanal de la variable *peso seco de la parte radical (%)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento semanal de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombra (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento semanal en PSR

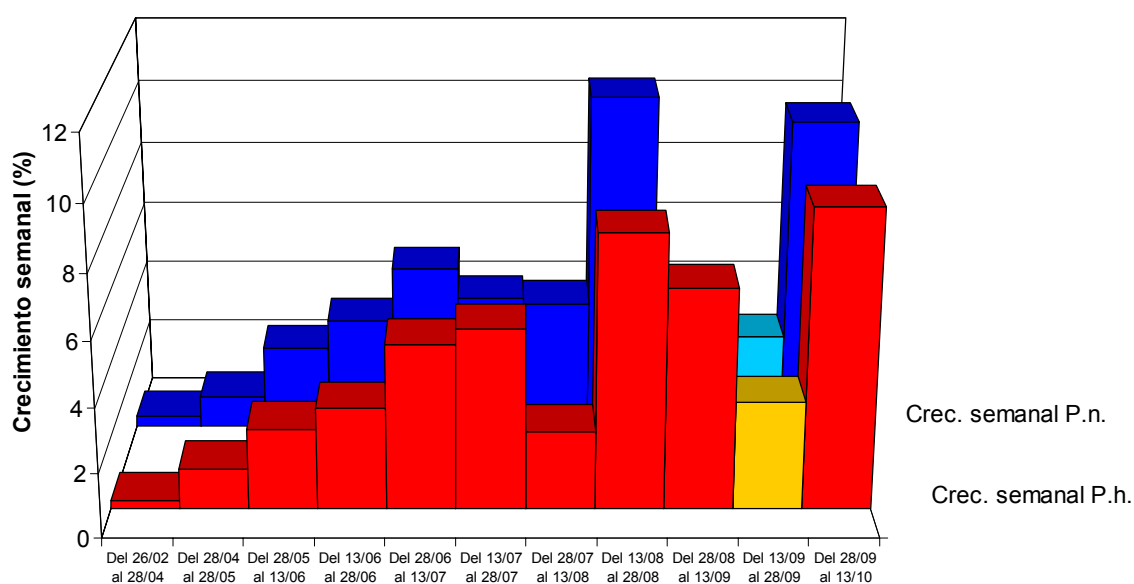


Gráfico 100: Evolución del crecimiento semanal en peso seco de la parte radical de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



• **Crecimiento semanal acumulado:**

| Periodo | Duración del periodo | Crec. semanal acumulado en PSR (%) | | | | Var. en % de (*) con respecto a (**) |
|--------------------------|----------------------|------------------------------------|--------|----------------------|--------|--------------------------------------|
| | | <i>P. halepensis</i> (*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> (**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 1.8488 | SI | 2.7083 | SI | -31.73 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 6.8977 | SI | 6.6727 | SI | 3.26 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 11.9084 | SI | 11.8478 | SI | 0.50 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 18.1927 | SI | 18.8157 | SI | -3.31 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 28.4296 | SI | 29.1796 | SI | -2.57 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 39.6005 | SI | 37.6441 | SI | 4.94 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 44.4128 | SI | 45.7920 | SI | -3.01 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 61.3301 | SI | 67.0871 | SI | -8.58 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 74.9297 | SI | 74.3068 | NO | 0.83 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 81.5711 | NO | 80.2413 | NO | 1.63 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 100.000 | SI | 100.000 | SI | 0.00 |

Tabla 102: Tabla de evolución del crecimiento semanal acumulado de la variable *peso seco de la parte radical (%)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento semanal acumulado de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento semanal acumulado en PSR

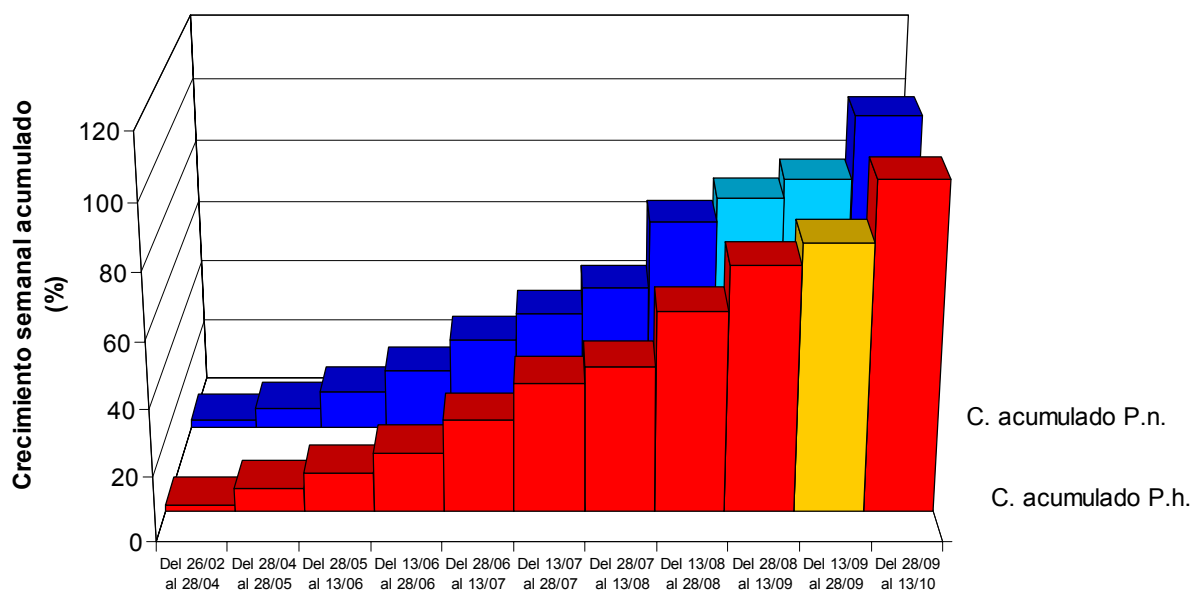


Gráfico 101: Evolución del crecimiento semanal acumulado en peso seco de la parte radical de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



• *Análisis de regresión:*

| Variables | <i>Pinus halepensis</i> Mill. | | | | <i>Pinus nigra</i> Arn. | | | |
|--|-------------------------------|----------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------|---------------|---------------|
| | R | R ² | F | P | R | R ² | F | P |
| C. corriente en Peso seco radical | | | | | | | | |
| vs. Temperatura máxima | 0.3452 | 0.1191 | 1.0824 | 0.3286 | -0.1612 | 0.0259 | 0.2401 | 0.6358 |
| vs. Temperatura media | 0.7144 | 0.5104 | 8.3408 | 0.0203 | 0.2723 | 0.0741 | 0.7208 | 0.4179 |
| vs. Temperatura mínima | 0.5098 | 0.2599 | 0.28103 | 0.1322 | 0.5039 | 0.2539 | 3.0632 | 0.1140 |
| vs. Humedad máxima | -0.6649 | 0.4421 | 6.3416 | 0.0359 | -0.6610 | 0.4369 | 6.9848 | 0.0268 |
| vs. Humedad media | -0.6565 | 0.4310 | 6.0613 | 0.0392 | -0.4945 | 0.2445 | 2.9133 | 0.1220 |
| vs. Humedad mínima | -0.4082 | 0.1666 | 1.5996 | 0.2416 | -0.0942 | 0.0088 | 0.0805 | 0.7829 |
| vs. Radiación máxima | 0.0388 | 0.0015 | 0.0120 | 0.9152 | 0.0817 | 0.0066 | 0.0605 | 0.8112 |
| vs. Radiación media | 0.7572 | 0.5734 | 10.755 | 0.0112 | 0.8275 | 0.6849 | 19.562 | 0.0017 |
| vs. Radiación mínima | 0.4122 | 0.1699 | 1.6380 | 0.2365 | 0.7238 | 0.5239 | 9.9035 | 0.0118 |
| vs. Radiación acumulada | 0.3934 | 0.1547 | 1.4651 | 0.2607 | 0.0263 | 0.0006 | 0.0062 | 0.9387 |

Tabla 103: Resultados del análisis de regresión lineal de la variable *crec. corriente en peso seco radical*, con respecto a las variables climáticas para las especies *Pinus halepensis* Mill y *Pinus nigra* Arn. R indica si la relación es positiva o negativa. R² indica el grado de ajuste de la recta y P representa el nivel de significación. P<0.05 indica regresiones significativas, en rojo para *Pinus halepensis* Mill y en azul para *Pinus nigra* Arn.

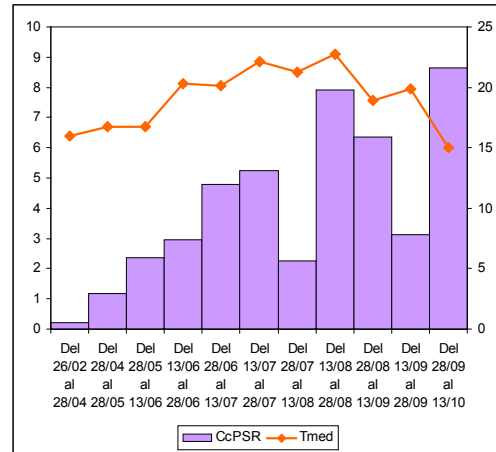
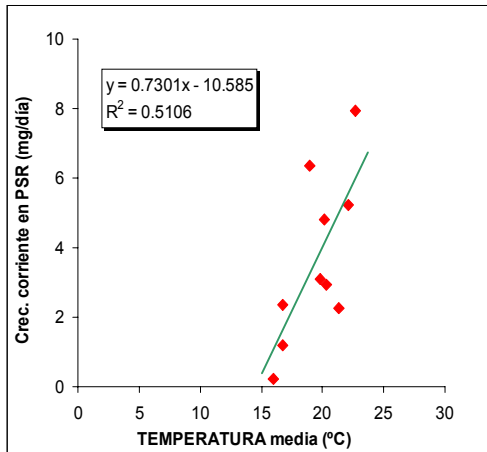


Gráfico 102a: Regresión lineal entre las variables *Crecimiento corriente en PSR* y *Temperatura media*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 102b:** Evolución del *Crecimiento corriente en PSR* y la *Temperatura media* para la especie *Pinus halepensis* Mill.

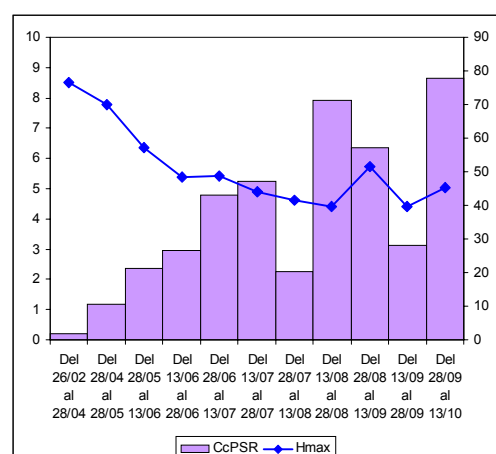
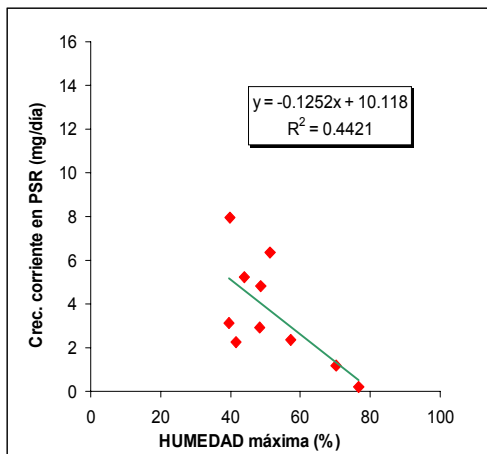


Gráfico 103a: Regresión lineal entre las variables *Crecimiento corriente en PSR* y *Humedad máxima*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 103b:** Evolución del *Crecimiento corriente en PSR* y la *Humedad relativa máxima* para la especie *Pinus halepensis* Mill.

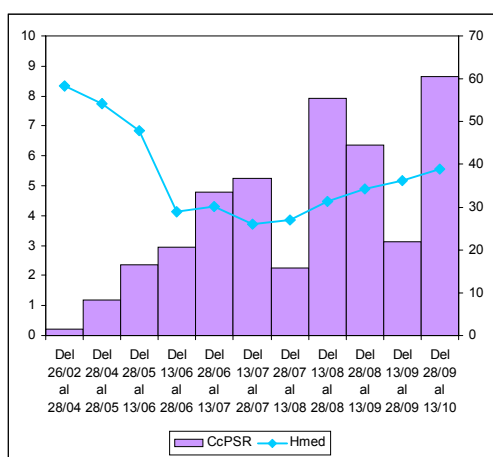
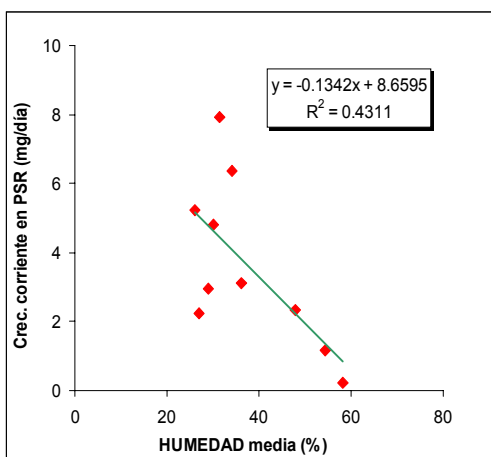


Gráfico 104a: Regresión lineal entre las variables *Crecimiento corriente en PSR* y *Humedad media*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 104b:** Evolución del *Crecimiento corriente en PSR* y la *Humedad relativa media* para la especie *Pinus halepensis* Mill.

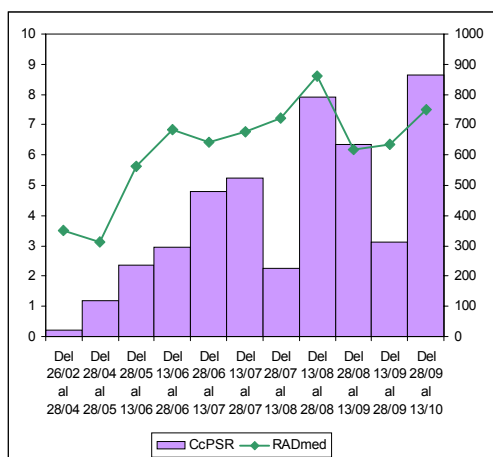
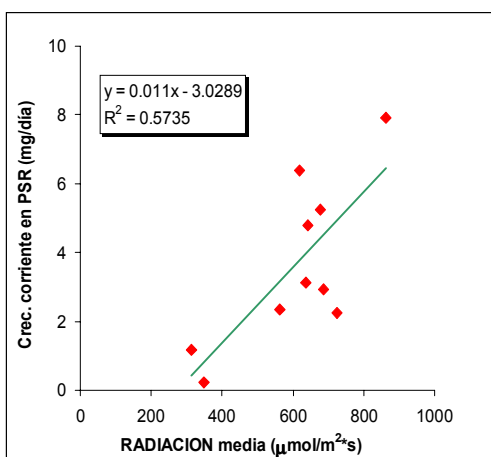


Gráfico 105a: Regresión lineal entre las variables *Crecimiento corriente en PSR* y *Radiación media*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 105b:** Evolución del *Crecimiento corriente en PSR* y la *Radiación media* para la especie *Pinus halepensis* Mill.

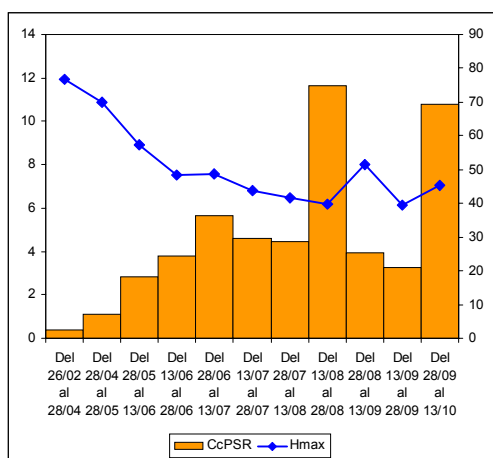
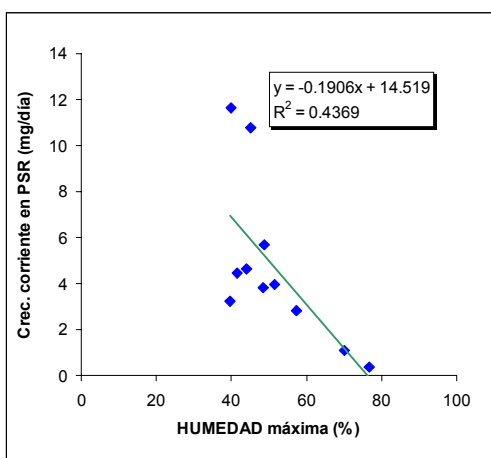


Gráfico 106a: Regresión lineal entre las variables *Crecimiento corriente en PSR* y *Humedad máxima*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 106b:** Evolución del *Crecimiento corriente en PSR* y la *Humedad relativa máxima* para la especie *Pinus nigra* Arn.

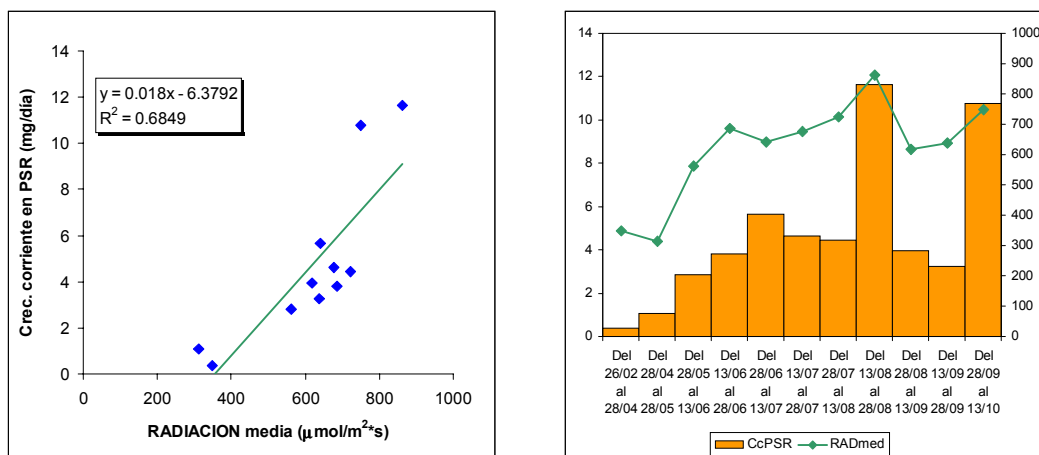


Gráfico 107a: Regresión lineal entre las variables *Crecimiento corriente en PSR* y *Radiación media*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 107b:** Evolución del *Crecimiento corriente en PSR* y la *Radiación media* para la especie *Pinus nigra* Arn.

• *Análisis de regresión múltiple:*

| Variables | <i>Pinus halepensis</i> Mill. | | |
|---|-------------------------------|--------|---------|
| | R ² | P | Signo |
| Crec. corriente en Peso Seco Radical | | | |
| vs. Tmax.+RADmed | 0.57669 | 0.0494 | (+)/(+) |
| vs. Tmed.+RADmed | 0.57912 | 0.0484 | (+)/(+) |
| vs. Hmax.+RADmed | 0.58204 | 0.0472 | (+)/(+) |

Tabla 104: Resultados del análisis de regresión lineal múltiple de la variable *crecimiento corriente en peso seco radical*, con respecto a mas de una variable climática, para la especie *Pinus halepensis* Mill. Signo indica si la relación es positiva o negativa. R² indica el grado de ajuste de la recta y P representa el nivel de significación. P<0.05 indica regresiones significativas en rojo para *Pinus halepensis* Mill.

| Variables | <i>Pinus nigra</i> Arn. | | |
|---|-------------------------|--------|---------|
| | R ² | P | Signo |
| Crec. corriente en Peso Seco Radical | | | |
| vs. Tmax.+RADmed | 0.74632 | 0.0041 | (-)/(+) |
| vs. Tmed.+RADmed | 0.76943 | 0.0028 | (-)/(+) |
| vs. Tmin.+RADmax | 0.54854 | 0.0415 | (+)/(+) |
| vs. Tmin.+RADmed | 0.68496 | 0.0099 | (+)/(+) |
| vs. Hmax.+RADmed | 0.75620 | 0.0035 | (+)/(+) |
| vs. Hmed.+RADmed | 0.81075 | 0.0013 | (+)/(+) |
| vs. Hmin.+RADmed | 0.76021 | 0.0033 | (+)/(+) |

Tabla 105: Resultados del análisis de regresión lineal múltiple de la variable, *crecimiento corriente en peso seco radical*, con respecto a mas de una variable climática, para la especie *Pinus nigra* Arn. Signo indica si la relación es positiva o negativa. R² indica el grado de ajuste de la recta y P representa el nivel de significación. P<0.05 indica regresiones significativas en azul para *Pinus nigra* Arn.

Discusión:

Observamos que la tasa de crecimiento en peso seco radical en *Pinus halepensis* Mill., al igual que ocurría con el PSA, es progresivamente creciente hasta el periodo comprendido entre el 28 de julio y el 13 de agosto, momento en el que reduce su tasa de crecimiento. Este decremento precede a dos de los periodos en los que esta especie experimenta mayores crecimiento en PSR (entre el 13 de agosto y el 13 de septiembre). En el penúltimo periodo al igual que con el crecimiento en altura, diámetro y PSA, detiene su tasa de crecimiento, alcanzando el máximo en el último periodo, con un crecimiento semanal del 9,21 %.

Se ha observado por tanto que entre los crecimientos de PSA y PSR existe una gran correlación (**Fig. H**), coincidiendo los mayores crecimientos en PSA con los mayores crecimiento en PSR.

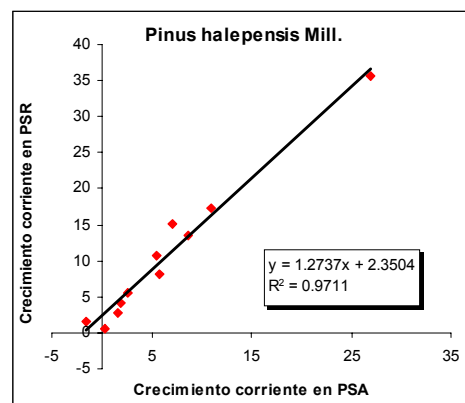


Fig. H: Relación Cc en PSA vs. Cc en PSR.

Con respecto al análisis de regresión, esta es la variable en la que hemos encontrado el mayor número de relaciones significativas con las variables climáticas, siendo las regresiones más correlacionadas, las que se dan con la temperatura media y con la radiación media, ambas positivamente. Algo menos correlacionadas se encuentran la humedad máxima y la humedad media, las dos negativamente. Hemos observado que los mayores crecimientos se producen cuando la radiación media supera los 600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$, en el resto de las variables, se han detectado los mejores crecimientos cuando la temperatura media se sitúa entre los 20 y los 23°C, menos del 40 % de humedad media, y cuando la humedad máxima se sitúa en el rango del 40 al 60 %.

La evolución de la tasa de crecimiento en PSR de *Pinus nigra* Arn., es muy similar a la de *Pinus halepensis* Mill., con tasas crecientes progresivamente hasta el 13 de julio.

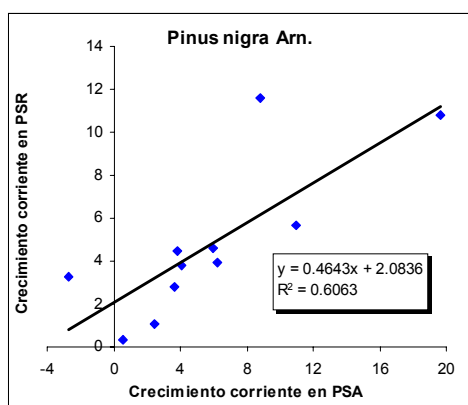


Fig. I: Relación Cc en PSA vs. Cc en PSR.

Después, tras un mes en el que descendieron los crecimientos, esta especie alcanza su tasa de crecimiento máxima entre el 13 de agosto y el 28 de agosto. Para su crecimiento entre el 28 de agosto y el 28 de septiembre al igual que ocurría con el crecimiento en PSA, para finalmente, como en la anterior variable alcanzar un máximo de crecimiento en el último periodo del ensayo. Al igual que el caso de *Pinus halepensis* Mill., también se ha observado que el crecimiento en PSA y el crecimiento en PSR se hallan correlacionados, aunque en este caso el coeficiente de correlación es mucho menor (**Fig. I**).

Los motivos que pueden justificar que se detenga el crecimiento en PSR entre el 28 de agosto y el 28 de septiembre, es la reducción del régimen térmico y del fotoperiodo en esas fechas (**Fig. J** y **Fig. K**).

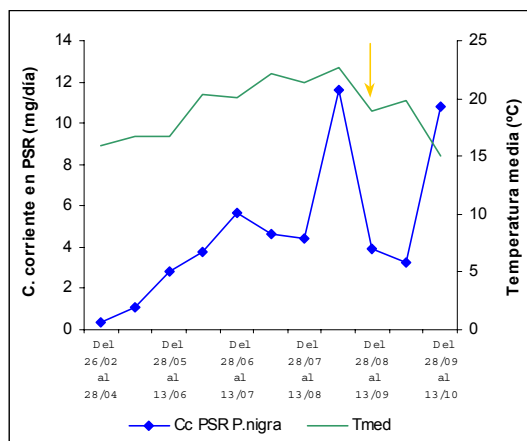


Fig. J: Evolución de la temperatura media y el crecimiento corriente en PSR. La flecha amarilla señala el momento de la detención del crecimiento.

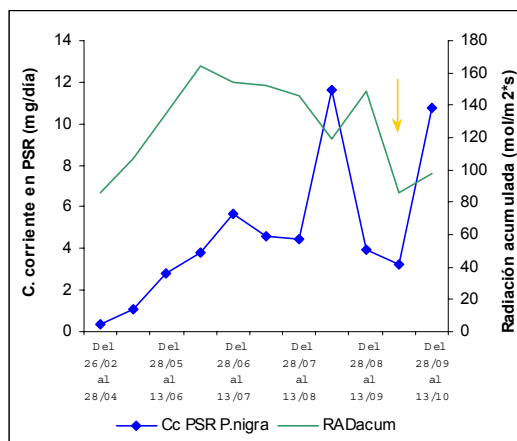


Fig. K: Evolución de la radiación acumulada y el crecimiento corriente en PSR. La flecha amarilla señala el momento de la detención del crecimiento.

Con respecto al análisis de regresión obtenemos, relaciones estadísticamente significativas con la humedad máxima y con la radiación media, siendo con esta última variable con la que se llegaron a coeficientes de correlación más altos. Como en ocasiones anteriores la radiación media más adecuada para el crecimiento en PSR se sitúa en valores por encima de los $600 \mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$. Mientras que el rango de humedad máxima debe situarse entre el 40 y el 60 %.

Finalmente, en referencia al análisis de regresión múltiple, se observa que tanto para *Pinus halepensis* Mill. como para *Pinus nigra* Arn., cuando la radiación media se combina con otro factor climático (normalmente humedad o temperatura) las regresiones reflejan una mayor correlación con el crecimiento corriente en PSR, así a mayor radiación media y a mayor valor de cualquiera de los factores comentados anteriormente, se obtienen mayores tasas de crecimiento en PSR



➤ **Peso seco total:**

• **Crecimiento corriente:**

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento corriente en PST (mg/día) | | | | Var. en % de (*) con respecto a (**) |
|--------------------------|----------------------|---------------------------------------|--------|----------------------|--------|--------------------------------------|
| | | <i>P. halepensis</i> (*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> (**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.5673 | SI | 0.9020 | SI | -37.10 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 2.8203 | SI | 3.5192 | SI | -19.85 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 4.2517 | SI | 6.5139 | SI | -34.72 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 5.5674 | SI | 7.8591 | SI | -29.15 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 13.5009 | SI | 16.6190 | SI | -18.76 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 10.732 | SI | 10.6351 | SI | 0.90 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 8.0837 | SI | 8.2865 | SI | -2.44 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 15.0579 | SI | 20.4061 | SI | -26.20 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 17.2975 | SI | 10.2166 | NO | 40.93 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 1.5688 | NO | 0.5033 | NO | 67.91 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 35.5291 | SI | 30.4596 | SI | 14.26 |

Tabla 106: Tabla de evolución del crecimiento corriente de la variable *peso seco total* (mg/día) de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento corriente de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento corriente en PST

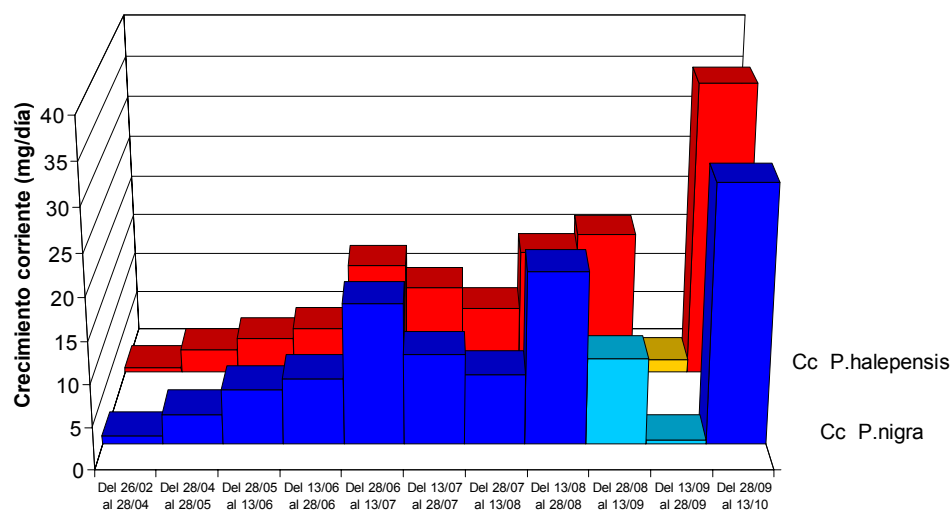


Gráfico 108: Evolución del crecimiento corriente en peso seco total de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



• **Crecimiento medio:**

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento medio en PST (mg/día) | | | | Var. en % de con respecto a ^(**) |
|--------------------------|----------------------|-------------------------------------|--------|---------------------------------|--------|---|
| | | <i>P. halepensis</i> ^(*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> ^(**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.5673 | SI | 0.9020 | SI | -37.10 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 1.3101 | SI | 1.7648 | SI | -25.76 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 1.7263 | SI | 2.4369 | SI | -29.15 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 2.2025 | SI | 3.1089 | SI | -29.15 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 3.4486 | SI | 4.5990 | SI | -25.01 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 4.1722 | SI | 5.1986 | SI | -19.74 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 4.5256 | SI | 5.4776 | SI | -17.37 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 5.3984 | SI | 6.7148 | SI | -19.60 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 6.3091 | SI | 6.9828 | NO | -9.64 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 5.9721 | NO | 6.5222 | NO | -8.43 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 7.9338 | SI | 8.1109 | SI | -2.18 |

Tabla 107: Tabla de evolución del crecimiento medio de la variable *peso seco total (mg/día)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento medio de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento medio en PST

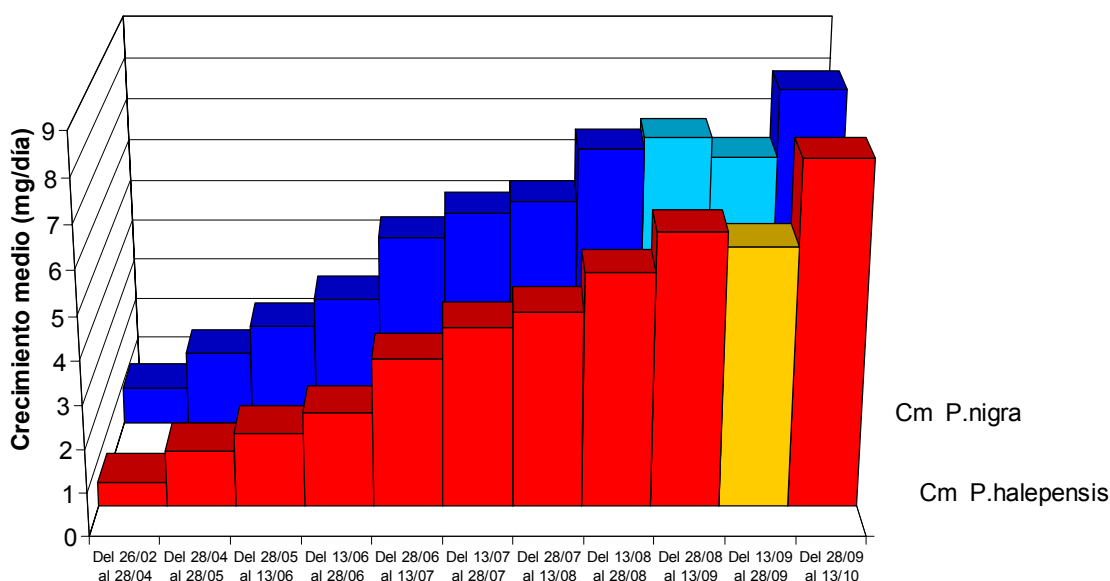


Gráfico 109: Evolución del crecimiento medio en peso seco total de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



• **Crecimiento semanal:**

| Periodo | Duración del periodo | Crecimiento semanal en PST (%) | | | | Var. en % de (*) con respecto a (**) |
|--------------------------|----------------------|--------------------------------|--------|----------------------|--------|--------------------------------------|
| | | <i>P. halepensis</i> (*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> (**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 0.2412 | SI | 0.3752 | SI | -35.71 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 1.1797 | SI | 1.4399 | SI | -18.07 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 1.7784 | SI | 2.6651 | SI | -33.27 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 2.3287 | SI | 3.2151 | SI | -27.56 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 5.6471 | SI | 6.7996 | SI | -16.94 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 4.4889 | SI | 4.3513 | SI | 2.41 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 3.3812 | SI | 3.3903 | SI | -0.26 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 6.2984 | SI | 8.3491 | SI | -24.56 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 7.2351 | SI | 4.1800 | NO | 42.22 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 0.6562 | NO | 0.2059 | NO | 68.62 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 14.8611 | SI | 12.4624 | SI | 16.14 |

Tabla 108: Tabla de evolución del crecimiento semanal de la variable *peso seco total (%)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento semanal de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento semanal en PST

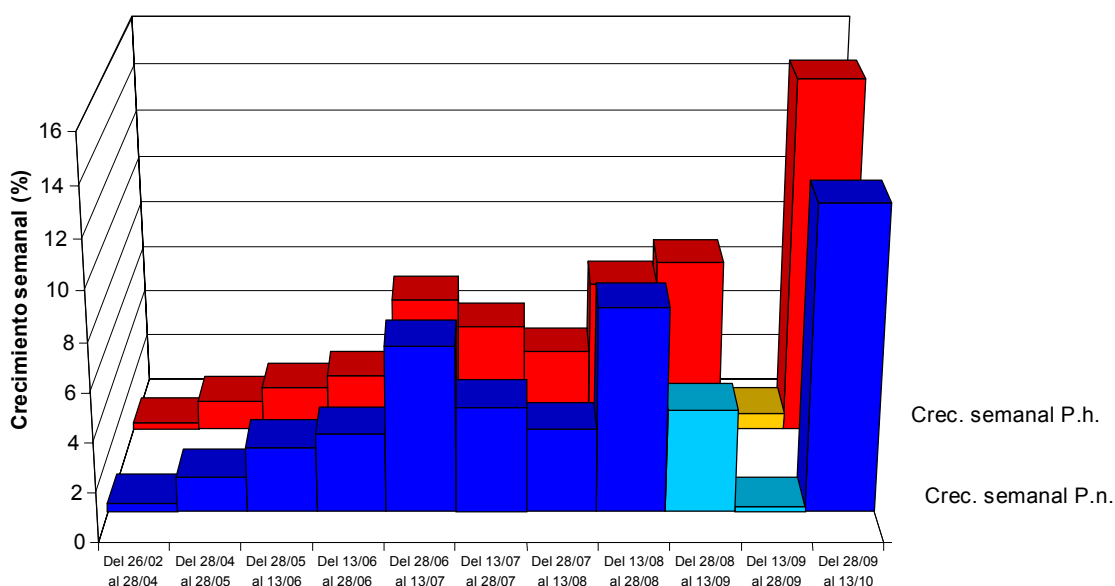


Gráfico 110: Evolución del crecimiento semanal en peso seco total de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



• **Crecimiento semanal acumulado:**

| Periodo | Duración del periodo | Crec. semanal acumulado en PST (%) | | | | Var. en % de ^(*) con respecto a ^(**) |
|--------------------------|----------------------|-------------------------------------|--------|---------------------------------|--------|--|
| | | <i>P. halepensis</i> ^(*) | ¿Crec? | <i>P. nigra</i> ^(**) | ¿Crec? | |
| Del 26-02-98 al 28-04-98 | 61 | 1.9301 | SI | 3.0017 | SI | -35.69 |
| Del 28-04-98 al 28-05-98 | 30 | 6.6489 | SI | 8.7613 | SI | -24.11 |
| Del 28-05-98 al 13-06-98 | 15 | 10.2058 | SI | 14.0917 | SI | -27.57 |
| Del 13-06-98 al 28-06-98 | 15 | 14.8633 | SI | 20.5219 | SI | -27.57 |
| Del 28-06-98 al 13-07-98 | 15 | 26.1576 | SI | 34.1212 | SI | -23.33 |
| Del 13-07-98 al 28-07-98 | 15 | 35.1356 | SI | 42.8239 | SI | -17.95 |
| Del 28-07-98 al 13-08-98 | 15 | 41.8991 | SI | 49.6046 | SI | -15.53 |
| Del 13-08-98 al 28-08-98 | 15 | 54.4949 | SI | 66.3029 | SI | -17.80 |
| Del 28-08-98 al 13-09-98 | 15 | 68.9653 | SI | 74.6631 | NO | -7.63 |
| Del 13-09-98 al 28-09-98 | 15 | 70.2777 | NO | 75.0750 | NO | -6.39 |
| Del 28-09-98 al 13-10-98 | 15 | 100.000 | SI | 100.000 | SI | 0.00 |

Tabla 109: Tabla de evolución del crecimiento semanal acumulado de la variable *peso seco total (%)* de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. ¿Crec? indica en que periodos se detecta que ha habido crecimiento. Se incluye la diferencia (%) de crecimiento semanal acumulado de una especie con respecto a la otra. Resaltado en **amarillo**, se indica el periodo en el que se produce la salida del cultivo al área sombrea (18 de mayo). En **rojo** se indican los periodos en los que parcialmente no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Crecimiento semanal acumulado en PST

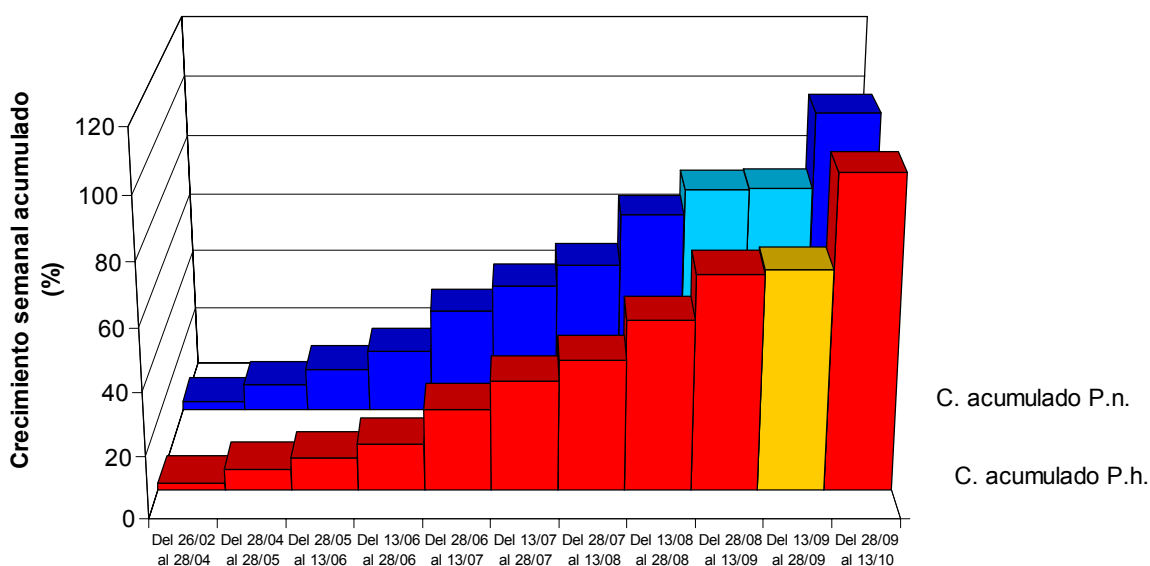


Gráfico 111: Evolución del crecimiento semanal acumulado en peso seco total de las especies *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. Los tramos de cada gráfico de color más claro corresponden a los periodos en los que no hubo crecimiento.



• *Análisis de regresión:*

| Variables | <i>Pinus halepensis</i> Mill. | | | | <i>Pinus nigra</i> Arn. | | | |
|---|-------------------------------|----------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------|---------------|---------------|
| | R | R ² | F | P | R | R ² | F | P |
| Crec. corriente en Peso seco total | | | | | | | | |
| vs. Temperatura máxima | 0.5702 | 0.3251 | 3.8547 | 0.0852 | -0.2069 | 0.0428 | 0.4025 | 0.5416 |
| vs. Temperatura media | 0.5939 | 0.3527 | 4.3594 | 0.0702 | 0.0074 | 0.0000 | 0.0005 | 0.9827 |
| vs. Temperatura mínima | 0.2101 | 0.0441 | 0.3698 | 0.5600 | 0.1512 | 0.0228 | 0.2106 | 0.6571 |
| vs. Humedad máxima | -0.5003 | 0.2504 | 2.6723 | 0.1407 | -0.4609 | 0.2124 | 2.4276 | 0.1536 |
| vs. Humedad media | -0.6331 | 0.4009 | 5.3539 | 0.0494 | -0.3755 | 0.1410 | 1.4775 | 0.2551 |
| vs. Humedad mínima | -0.5959 | 0.3551 | 4.4056 | 0.0690 | -0.1328 | 0.0176 | 0.1617 | 0.6969 |
| vs. Radiación máxima | 0.3005 | 0.0903 | 0.7943 | 0.3988 | 0.3143 | 0.0988 | 0.9869 | 0.3465 |
| vs. Radiación media | 0.6240 | 0.3894 | 5.1031 | 0.0538 | 0.6523 | 0.4255 | 6.6661 | 0.0296 |
| vs. Radiación mínima | 0.0760 | 0.0057 | 0.0465 | 0.8345 | 0.4838 | 0.2340 | 2.7503 | 0.1316 |
| vs. Radiación acumulada | 0.5950 | 0.3541 | 4.3864 | 0.0695 | 0.1018 | 0.0103 | 0.0943 | 0.7658 |

Tabla 110: Resultados del análisis de regresión lineal de la variable *crec. corriente en peso seco total*, con respecto a las variables climáticas para las especies *Pinus halepensis* Mill y *Pinus nigra* Arn. R indica si la relación es positiva o negativa. R² indica el grado de ajuste de la recta y P representa el nivel de significación. P<0.05 indica regresiones significativas, en rojo para *Pinus halepensis* Mill y en azul para *Pinus nigra* Arn.

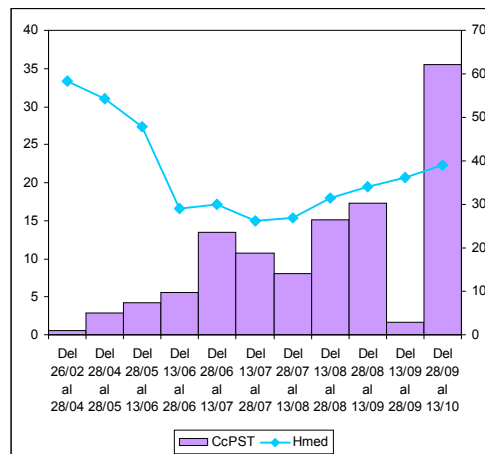
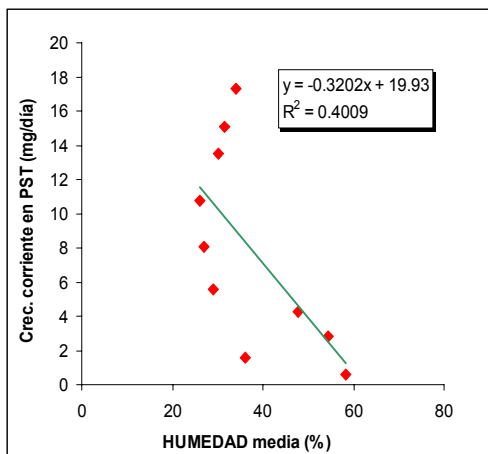


Gráfico 112a: Regresión lineal entre las variables *Crecimiento corriente en PST* y *Humedad media*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 112b:** Evolución del *Crecimiento corriente en PST* y la *Humedad relativa media* para la especie *Pinus halepensis* Mill.

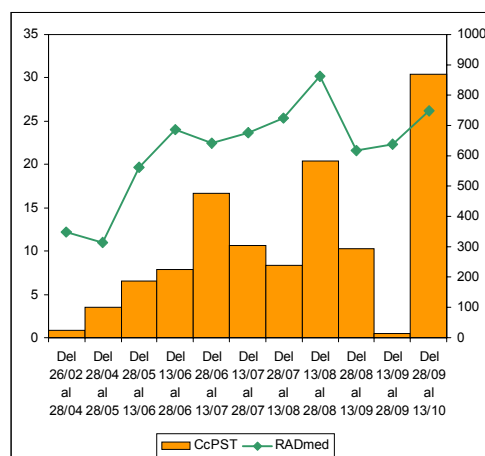
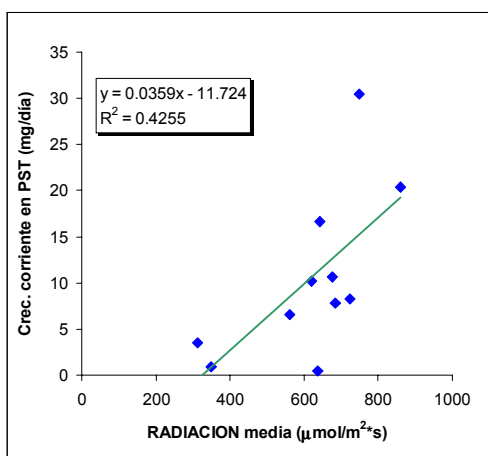


Gráfico 113a: Regresión lineal entre las variables *Crecimiento corriente en PST* y *Radiación media*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 113b:** Evolución del *Crecimiento corriente en PST* y la *Radiación media* para la especie *Pinus nigra* Arn.



- **Análisis de regresión múltiple:**

| Variables | <i>Pinus nigra</i> Arn. | | |
|---|-------------------------|--------|---------|
| | R ² | P | Signo |
| Crec. corriente en Peso Seco Total | | | |
| vs. RADmed.+Tmed | 0.66574 | 0.0125 | (+)/(-) |
| vs. RADmed.+Hmax | 0.55995 | 0.0375 | (+)/(+) |

Tabla 111: Resultados del análisis de regresión lineal múltiple de la variable *crecimiento corriente en peso seco total*, con respecto a mas de una variable climática, para la especie *Pinus nigra* Arn. Signo indica si la relación es positiva o negativa. R² indica el grado de ajuste de la recta y P representa el nivel de significación. P<0.05 indica regresiones significativas en azul para *Pinus nigra* Arn.

Discusión:

En lo que respecta al crecimiento en peso seco total, ambas especies presentan un comportamiento prácticamente igual, exceptuando el periodo en que se detiene el crecimiento, que producen en los mismos periodos que en los caso de PSA y PSR.

Comparativamente vemos que los crecimientos corriente y semanal en PST son superiores en *Pinus nigra* Arn. hasta que esta especie tiene su crecimiento, es superado entonces por *Pinus halepensis* Mill. Si nos referimos al crecimiento medio y acumulado, la predominancia de *Pinus nigra* Arn. se da durante todo el ensayo.

Con respecto al análisis de regresión hallamos muy pocas correlaciones con la variables climáticas. En el caso del *Pinus halepensis* Mill. el PST se correlaciona con la humedad media, siendo esta correlación negativa, y en donde se aprecia que los mayores crecimientos se dan con valores de humedad media por debajo del 40 %. Esta relación se aprecia mejor si relacionamos ambas variables mediante una regresión del tipo exponencial (**Fig. L**). En *Pinus nigra* Arn., encontramos una relación con la radiación media, viendose que los mayores crecimientos se dan con radiaciones medias superiores a los 600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$.

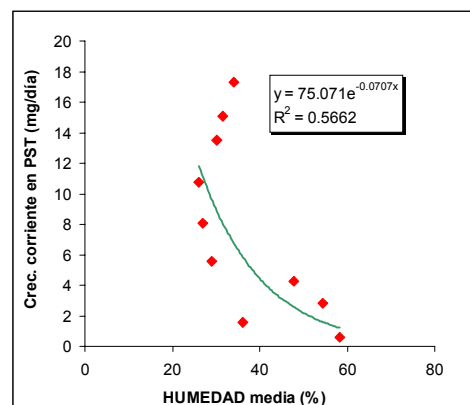


Fig. L: Relación Cc en PST vs. Humedad media.



➤ Análisis de regresión del resto de las variables propuestas:

| Variables | <i>Pinus halepensis</i> Mill. | | | | <i>Pinus nigra</i> Arn. | | | |
|--|-------------------------------|----------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------|---------------|---------------|
| | R | R ² | F | P | R | R ² | F | P |
| Tasa de crecimiento relativo | | | | | | | | |
| vs. Temperatura máxima | 0.0118 | 0.0014 | 0.0011 | 0.9740 | -0.1511 | 0.0228 | 0.1870 | 0.6768 |
| vs. Temperatura media | -0.4089 | 0.1672 | 1.6069 | 0.2406 | -0.4170 | 0.1739 | 1.6844 | 0.2305 |
| vs. Temperatura mínima | -0.6142 | 0.3773 | 4.8482 | 0.0588 | -0.4233 | 0.1792 | 1.7468 | 0.2228 |
| vs. Humedad máxima | 0.7604 | 0.5783 | 10.970 | 0.0107 | 0.8705 | 0.7578 | 25.032 | 0.0010 |
| vs. Humedad media | 0.4773 | 0.2279 | 2.3614 | 0.1629 | 0.6877 | 0.4729 | 7.1797 | 0.0279 |
| vs. Humedad mínima | 0.0430 | 0.0018 | 0.0148 | 0.9060 | 0.2719 | 0.0739 | 0.6387 | 0.4473 |
| vs. Radiación máxima | 0.1991 | 0.0396 | 0.3304 | 0.5812 | -0.1735 | 0.0301 | 0.2483 | 0.6316 |
| vs. Radiación media | -0.5346 | 0.2858 | 3.2015 | 0.1114 | -0.7315 | 0.5351 | 9.2081 | 0.0162 |
| vs. Radiación mínima | -0.5282 | 0.2791 | 3.0972 | 0.1165 | -0.4027 | 0.1621 | 1.5486 | 0.2486 |
| vs. Radiación acumulada | 0.2386 | 0.0569 | 0.4833 | 0.5066 | -0.0457 | 0.0020 | 0.0167 | 0.9002 |
| Incremento de la tasa de crecimiento relativo | | | | | | | | |
| vs. Temperatura máxima | -0.1075 | 0.0115 | 0.0818 | 0.7830 | -0.1202 | 0.0144 | 0.0880 | 0.7766 |
| vs. Temperatura media | 0.4596 | 0.2113 | 1.8755 | 0.2132 | 0.1873 | 0.0350 | 0.2181 | 0.6569 |
| vs. Temperatura mínima | 0.4741 | 0.2248 | 2.0303 | 0.1972 | 0.4517 | 0.2040 | 1.5385 | 0.2611 |
| vs. Humedad máxima | -0.5433 | 0.2951 | 2.9316 | 0.1306 | -0.0432 | 0.0018 | 0.0112 | 0.9191 |
| vs. Humedad media | -0.4962 | 0.2462 | 2.2867 | 0.1742 | 0.0686 | 0.0047 | 0.0284 | 0.8717 |
| vs. Humedad mínima | -0.3057 | 0.0935 | 0.7221 | 0.4236 | 0.1889 | 0.0357 | 0.2221 | 0.6540 |
| vs. Radiación máxima | -0.6426 | 0.4130 | 4.9261 | 0.0619 | -0.6686 | 0.4471 | 4.8519 | 0.0698 |
| vs. Radiación media | 0.4618 | 0.2133 | 1.8979 | 0.2107 | 0.1038 | 0.0107 | 0.0654 | 0.8067 |
| vs. Radiación mínima | 0.3197 | 0.1022 | 0.7973 | 0.4015 | 0.3962 | 0.1569 | 1.1172 | 0.3312 |
| vs. Radiación acumulada | 0.4925 | 0.2426 | 2.2422 | 0.1780 | -0.3020 | 0.0912 | 0.6025 | 0.4671 |
| Ratio alométrico | | | | | | | | |
| vs. Temperatura máxima | -0.3465 | 0.1200 | 1.0918 | 0.3266 | -0.5063 | 0.2563 | 3.1026 | 0.1120 |
| vs. Temperatura media | -0.2298 | 0.0528 | 0.4462 | 0.5229 | -0.6141 | 0.3771 | 5.4492 | 0.0444 |
| vs. Temperatura mínima | -0.0370 | 0.0013 | 0.0109 | 0.9191 | -0.3790 | 0.1436 | 1.5099 | 0.2503 |
| vs. Humedad máxima | -0.3229 | 0.1042 | 0.9314 | 0.3627 | 0.2522 | 0.0636 | 0.6116 | 0.4543 |
| vs. Humedad media | -0.2386 | 0.0569 | 0.4832 | 0.5066 | 0.2733 | 0.0747 | 0.7267 | 0.4160 |
| vs. Humedad mínima | -0.1308 | 0.0171 | 0.1392 | 0.7187 | 0.1773 | 0.0314 | 0.2921 | 0.6020 |
| vs. Radiación máxima | 0.2730 | 0.0745 | 0.6447 | 0.4452 | 0.2055 | 0.0422 | 0.3970 | 0.5443 |
| vs. Radiación media | 0.2867 | 0.0822 | 0.7169 | 0.4217 | -0.2286 | 0.0522 | 0.4963 | 0.4989 |
| vs. Radiación mínima | 0.3341 | 0.1116 | 1.0053 | 0.3454 | 0.0069 | 0.0000 | 0.0004 | 0.9839 |
| vs. Radiación acumulada | -0.0848 | 0.0071 | 0.0579 | 0.8158 | -0.2303 | 0.0530 | 0.5041 | 0.4957 |
| Tasa de crecimiento relativo en función del nitrógeno | | | | | | | | |
| vs. Temperatura máxima | 0.0280 | 0.0007 | 0.0023 | 0.9643 | 0.3909 | 0.1528 | 0.7217 | 0.4434 |
| vs. Temperatura media | -0.2990 | 0.0894 | 0.2946 | 0.6250 | 0.7477 | 0.5591 | 5.0727 | 0.0874 |
| vs. Temperatura mínima | -0.6117 | 0.3742 | 1.7943 | 0.2728 | 0.3886 | 0.1510 | 0.7117 | 0.4464 |
| vs. Humedad máxima | 0.8451 | 0.7143 | 7.5021 | 0.0714 | -0.5081 | 0.2581 | 1.3920 | 0.3034 |
| vs. Humedad media | 0.6948 | 0.4828 | 2.8012 | 0.0639 | -0.6560 | 0.4303 | 3.0221 | 0.1571 |
| vs. Humedad mínima | 0.4074 | 0.1660 | 0.5971 | 0.4960 | -0.7087 | 0.5023 | 4.0370 | 0.1149 |
| vs. Radiación máxima | -0.0092 | 0.0000 | 0.0002 | 0.9882 | -0.2924 | 0.0855 | 0.3742 | 0.5738 |
| vs. Radiación media | -0.7353 | 0.5406 | 3.5314 | 0.1568 | 0.4489 | 0.2015 | 1.0097 | 0.3718 |
| vs. Radiación mínima | -0.4798 | 0.2302 | 0.8973 | 0.4134 | -0.2275 | 0.0517 | 0.2184 | 0.6645 |
| vs. Radiación acumulada | 0.0346 | 0.0012 | 0.0036 | 0.9559 | 0.6901 | 0.4762 | 3.6372 | 0.1292 |

Tabla 112: Resultados del análisis de regresión lineal de las variables *tasa de crecimiento relativo*, *incremento de la tasa de crecimiento relativo en función del nitrógeno*, *ratio alométrico* y *tasa de crecimiento relativo*, con respecto a las variables climáticas para las especies *Pinus halepensis* Mill y *Pinus nigra* Arn. R indica si la relación es positiva o negativa. R² indica el grado de ajuste de la recta y P representa el nivel de significación. P<0.05 indica regresiones significativas, en rojo para *Pinus halepensis* Mill y en azul para *Pinus nigra* Arn.



| Variables | <i>Pinus halepensis</i> Mill. | | | | <i>Pinus nigra</i> Arn. | | | |
|---|-------------------------------|----------------|--------|--------|-------------------------|----------------|---------------|---------------|
| | R | R ² | F | P | R | R ² | F | P |
| NUE (Eficiencia en el uso del nitrógeno) | | | | | | | | |
| vs. Temperatura máxima | -0.0277 | 0.0007 | 0.0023 | 0.9647 | 0.3583 | 0.1284 | 0.5893 | 0.4855 |
| vs. Temperatura media | 0.1936 | 0.0374 | 0.1168 | 0.7550 | 0.8152 | 0.6646 | 7.9290 | 0.0480 |
| vs. Temperatura mínima | 0.6716 | 0.4511 | 2.4660 | 0.2144 | 0.5489 | 0.3013 | 1.7252 | 0.2593 |
| vs. Humedad máxima | -0.3946 | 0.1557 | 0.5533 | 0.5109 | -0.6270 | 0.3931 | 2.5915 | 0.1827 |
| vs. Humedad media | -0.1285 | 0.0165 | 0.0504 | 0.8368 | -0.7407 | 0.5487 | 4.8645 | 0.0921 |
| vs. Humedad mínima | 0.1590 | 0.0253 | 0.0778 | 0.7983 | -0.7226 | 0.5222 | 4.3730 | 0.1047 |
| vs. Radiación máxima | 0.4230 | 0.1789 | 0.6538 | 0.4779 | -0.3007 | 0.0904 | 0.3976 | 0.5625 |
| vs. Radiación media | 0.5496 | 0.3020 | 1.2985 | 0.3372 | 0.5855 | 0.3428 | 2.0867 | 0.2221 |
| vs. Radiación mínima | 0.6638 | 0.4407 | 2.3641 | 0.2218 | -0.0539 | 0.0029 | 0.0117 | 0.9191 |
| vs. Radiación acumulada | -0.3076 | 0.0946 | 0.3136 | 0.6145 | 0.6573 | 0.4321 | 3.0438 | 0.1560 |

Tabla 113: Resultados del análisis de regresión lineal de la variable *eficiencia en el uso del nitrógeno*, con respecto a las variables climáticas para las especies *Pinus halepensis* Mill y *Pinus nigra* Arn. R indica si la relación es positiva o negativa. R² indica el grado de ajuste de la recta y P representa el nivel de significación. P<0.05 indica regresiones significativas en rojo para *Pinus halepensis* Mill y en azul para *Pinus nigra* Arn.

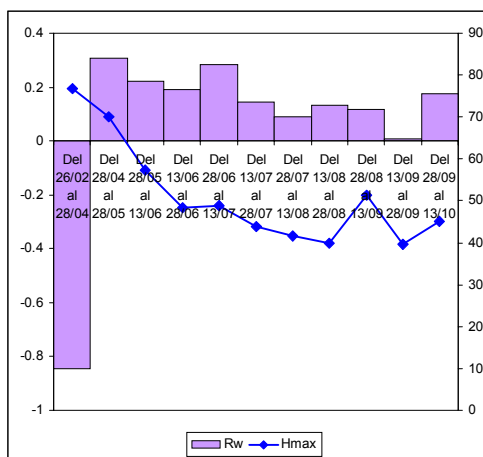
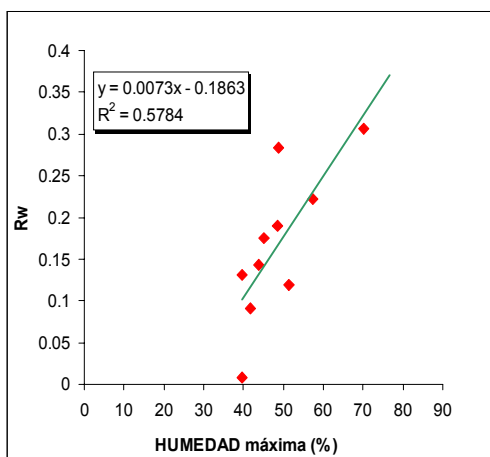


Gráfico 114a: Regresión lineal entre las variables *Rw* y *Humedad máxima*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 114b:** Evolución de la *Tasa de crecimiento relativo* y la *Humedad relativa máxima* para la especie *Pinus halepensis* Mill.

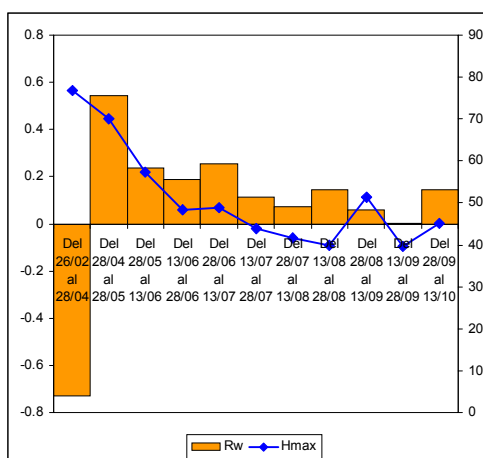
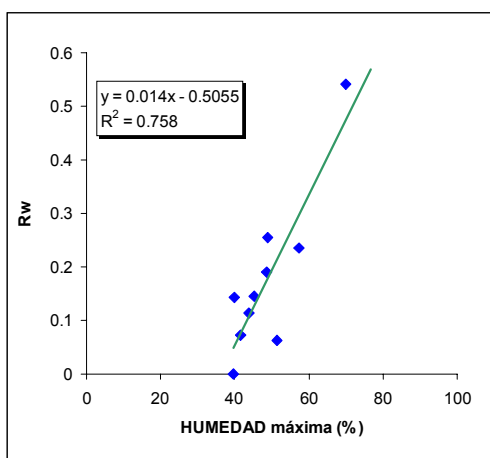


Gráfico 115a: Regresión lineal entre las variables *Rw* y *Humedad máxima*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 115b:** Evolución de la *Tasa de crecimiento relativo* y la *Humedad relativa máxima* para la especie *Pinus nigra* Arn.

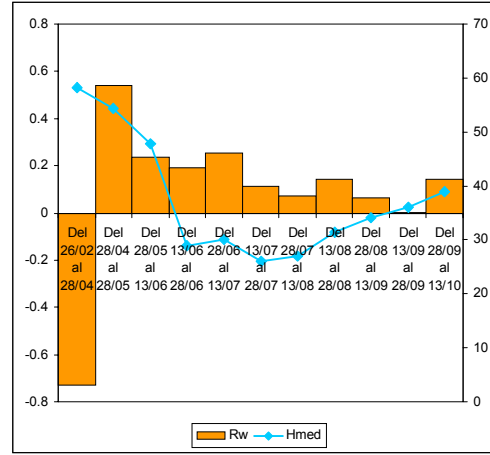
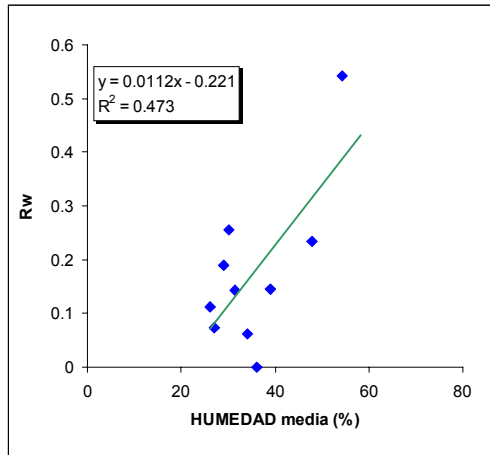


Gráfico 116a: Regresión lineal entre las variables *en* Rw y *Humedad media*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 116b:** Evolución de la *Tasa de crecimiento relativo* y la *Humedad relativa media* para la especie *Pinus nigra* Arn.

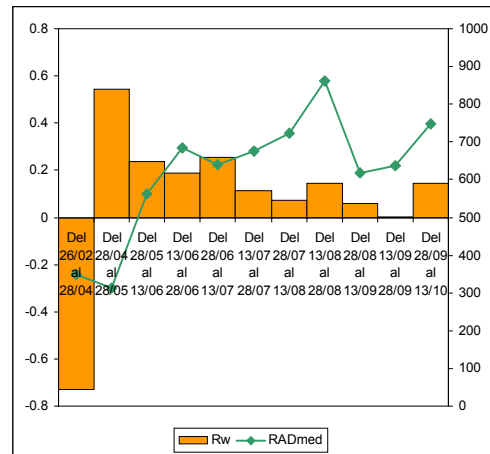
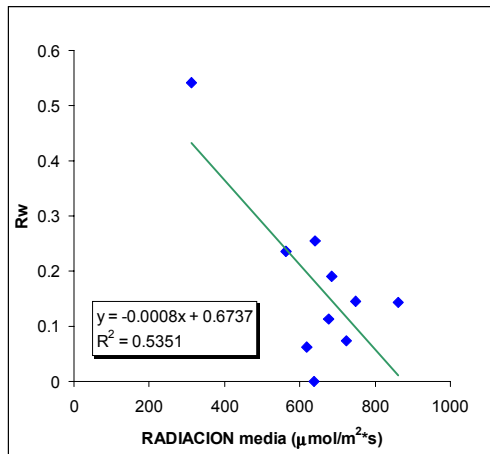


Gráfico 117a: Regresión lineal entre las variables Rw y *Radiación media*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 117b:** Evolución de la *Tasa de crecimiento relativo* y la *Radiación media* para la especie *Pinus nigra* Arn.

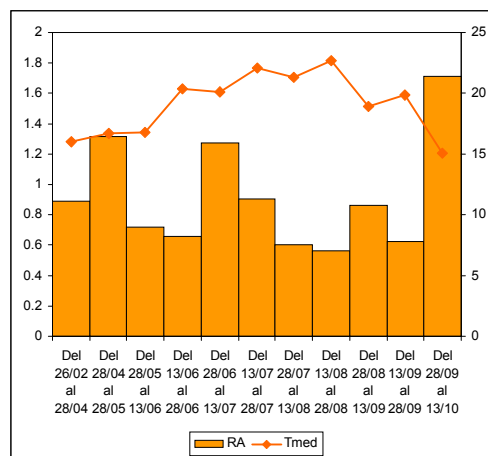
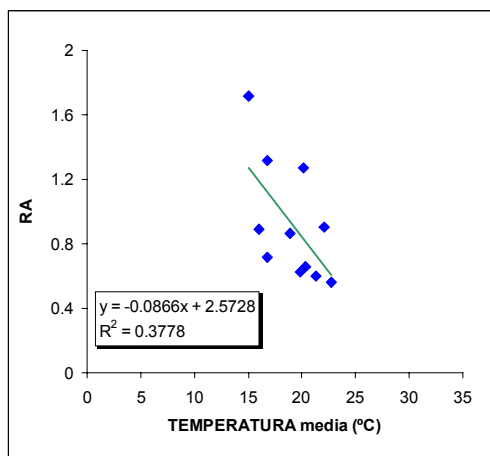


Gráfico 118a: Regresión lineal entre las variables *Ratio alométrico* y *Temperatura media*. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 118b:** Evolución del *Ratio alométrico* y la *Temperatura media* para la especie *Pinus nigra* Arn.

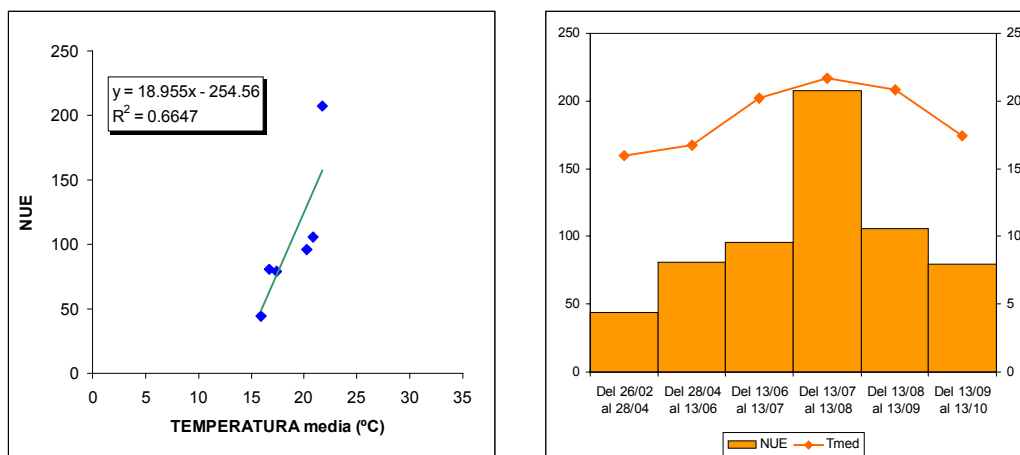


Gráfico 119a: Regresión lineal entre las variables Eficiencia en uso del nitrógeno y Temperatura media. Se refleja la ecuación de la recta de regresión así como el valor del grado de ajuste de dicha recta. **Gráfico 119b:** Evolución de la Efectividad en el uso del nitrógeno y la Temperatura media para la especie *Pinus nigra* Arn.

➤ **Análisis de regresión múltiple del resto de la variables propuestas:**

| Variables | <i>Pinus halepensis</i> Mill. | | |
|--|-------------------------------|--------|---------|
| | R ² | P | Signo |
| Tasa de crecimiento relativo | | | |
| vs. Hmax.+RADmed | 0.69260 | 0.0161 | (+)/(+) |
| vs. Hmax.+Tmin | 0.59641 | 0.0418 | (+)/(-) |
| vs. Hmax.+Tmed | 0.58122 | 0.0475 | (+)/(+) |
| vs. Hmax.+Tmax | 0.60778 | 0.0378 | (+)/(+) |
| vs. Hmax.+RADmax | 0.63032 | 0.0307 | (+)/(+) |
| Tasa de crecimiento relativo en función del nitrógeno | | | |
| vs. Hmax.+RADmed | 0.99724 | 0.0028 | (+)/(+) |

| Variables | <i>Pinus nigra</i> Arn. | | |
|-------------------------------------|-------------------------|--------|---------|
| | R ² | P | Signo |
| Tasa de crecimiento relativo | | | |
| vs. Tmax.+Hmax | 0.75861 | 0.0069 | (+)/(+) |
| vs. Tmax.+Hmed | 0.64089 | 0.0278 | (+)/(+) |
| vs. Tmed.+Hmax | 0.77357 | 0.0055 | (+)/(+) |
| vs. Tmin.+Hmax | 0.80910 | 0.0030 | (+)/(+) |
| vs. Hmax.+RADmax | 0.77761 | 0.0052 | (+)/(-) |
| vs. Hmax.+RADmed | 0.77105 | 0.0057 | (+)/(+) |
| vs. Hmax.+RADacum | 0.76005 | 0.0068 | (+)/(-) |
| vs. Hmed.+RADmed | 0.57868 | 0.0485 | (+)/(-) |
| vs. Hmed.+RADacum | 0.61282 | 0.0361 | (+)/(+) |

Tabla 114: Resultados del análisis de regresión lineal múltiple de las variables tasa de crecimiento relativo, tasa de crecimiento relativo en función del contenido en nitrógeno, con respecto a mas de una variable climática, para la especie *Pinus halepensis* Mill. **Tabla 115:** Resultados del análisis de regresión lineal múltiple de la variable tasa de crecimiento relativo, con respecto a mas de una variable climática, para la especie *Pinus nigra* Arn. Signo indica si la relación es positiva o negativa. R² indica el grado de ajuste de la recta y P representa el nivel de significación. P<0.05 indica regresiones significativas.

**Discusión:**

Del resto de las variables que se estudiaron, para la especie *Pinus halepensis* Mill., solo se ha encontrado que la tasa de crecimiento relativo se correlaciona significativamente con respecto a la humedad máxima, de forma que a mayor humedad máxima, mayor es la tasa de crecimiento relativo. Así mismo comprobando este índice en un análisis de regresión múltiple, vemos que se obtienen regresiones significativas del factor humedad máxima combinado con otras variables climáticas, como la temperatura media y máxima y la radiación media y máxima, de los que se obtiene que a mayores valores de estas variables climáticas, las tasas de crecimiento relativo aumentan, siendo los coeficientes de correlación que arrojan estas regresiones superiores a los hallados cuando se tiene en cuenta un solo factor climático. Por lo que se puede deducir que en general valores altos de las condiciones climáticas conllevan a tasas de crecimiento relativo mayores. También se ha visto que se obtienen altísimos coeficientes de correlación de la tasa de crecimiento relativo en función del contenido en nitrógeno con la humedad máxima y la radiación media, de forma que a valores más altos de estas condiciones aumenta $Rw(N)$.

En *Pinus nigra* Arn. la tasa de crecimiento relativo se encuentra correlacionada con la humedad máxima y media positivamente, mientras que lo hace de forma negativa con la radiación media. La variable con la que la tasa de crecimiento relativo está más correlacionada es con la humedad máxima, dándose las mayores tasas de crecimiento relativo cuando la humedad máxima se sitúa entre el 50 y 60 %. Vemos que también existe una regresión significativa del ratio alométrico con la temperatura media, de forma que a temperaturas medias menores el crecimiento del sistema radical es superior al de la parte aérea. Otra variable relacionada con las condiciones climáticas es la eficiencia en el uso del nitrógeno, alcanzando *Pinus nigra* Arn. la máxima eficiencia cuando la temperatura media supera los 21°C.



➤ **Resumen de los periodos de crecimiento de las diferentes variables:**

■ Periodo de crecimiento de *Pinus halepensis* Mill

■ Periodo de crecimiento de *Pinus nigra* Arn.

Fecha de germinación. *Pinus halepensis* Mill. 23-03-98.

Pinus nigra Arn. 16-03-98.

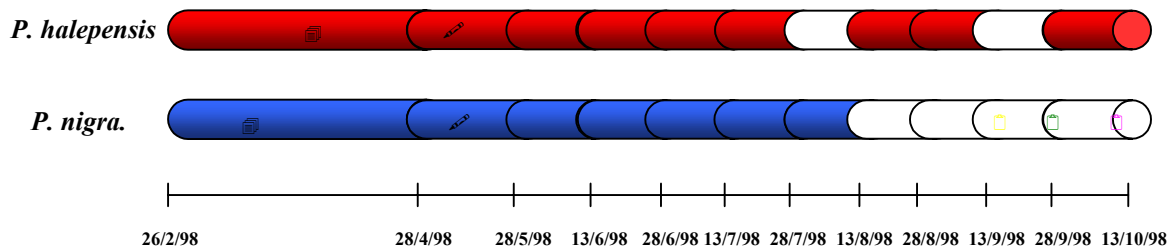
Fecha de salida del cultivo al área sombreada, 18-05-98.

Novena extracción, 13-09-98, comienzo de la formación de yemas.

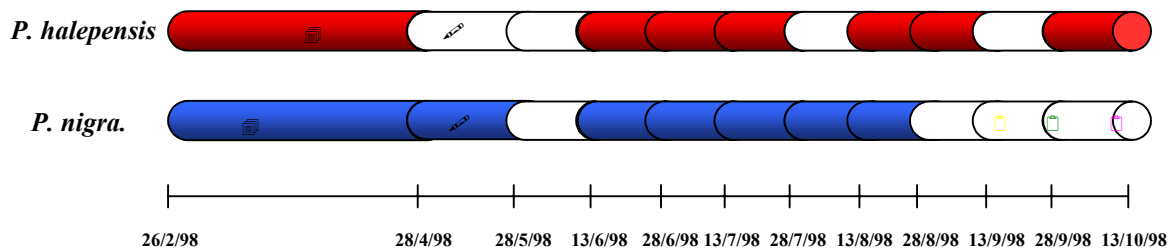
Décima extracción, 28-09-98, 65% de las plántulas con yemas formadas

Undécima extracción, 13-10-98, 82.5% de las plántulas con yemas formadas

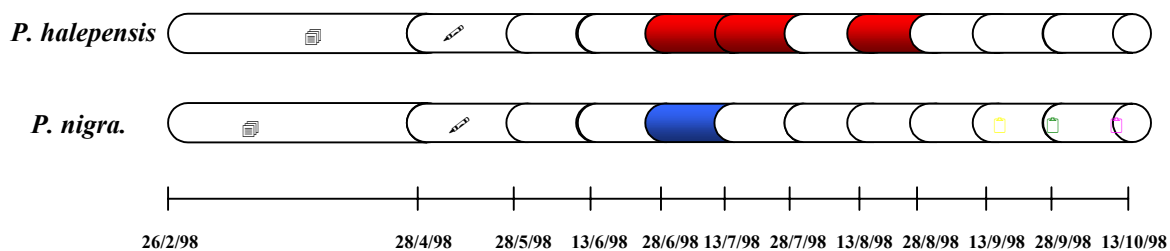
Altura.



Diámetro.

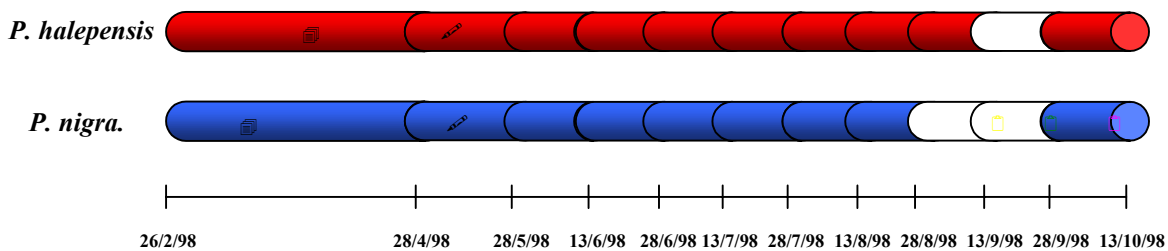


Número de ramas.

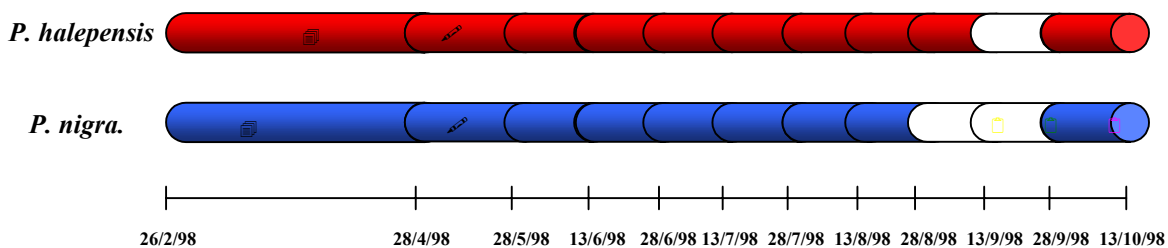




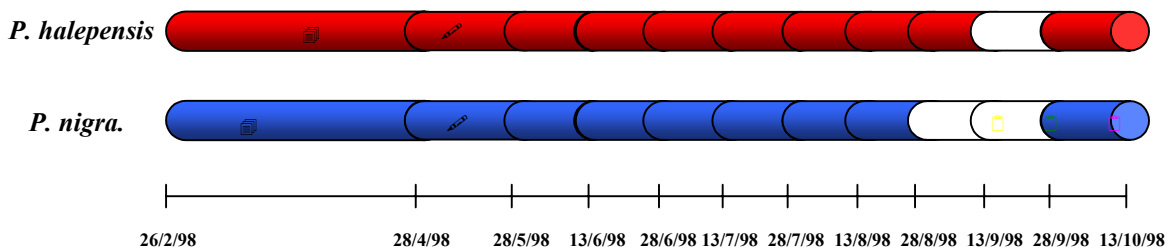
Peso seco de la parte aérea.



Peso seco de la parte radical.



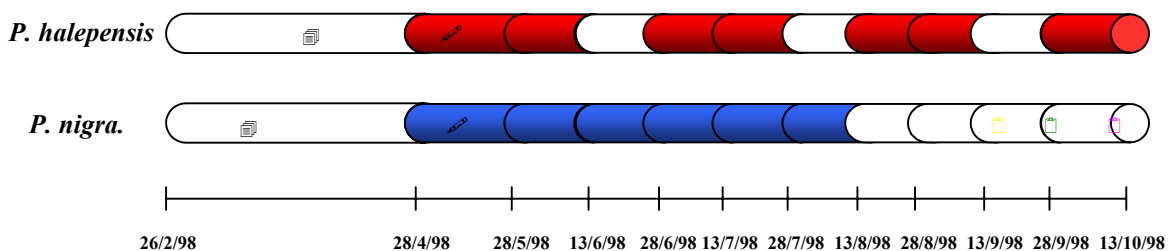
Peso seco total.



Fases de crecimiento rápido.

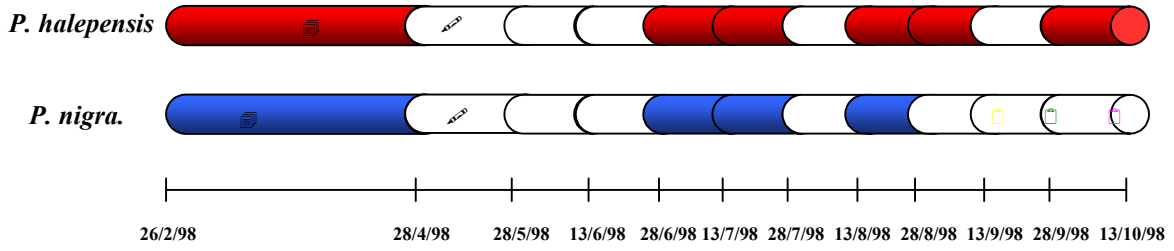
Se entiende que se ha producido crecimiento rápido de alguna de las variables, cuando el crecimiento semanal de dichas variables supera al menos el 3% de su crecimiento total, para el periodo de estudio. (BAKER, 1988)

Altura.

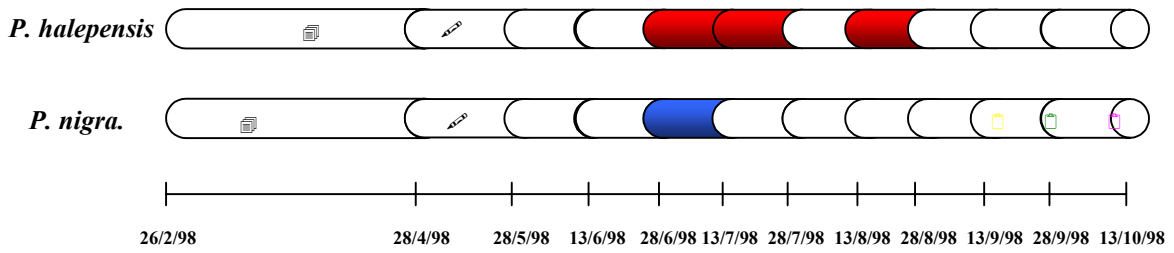




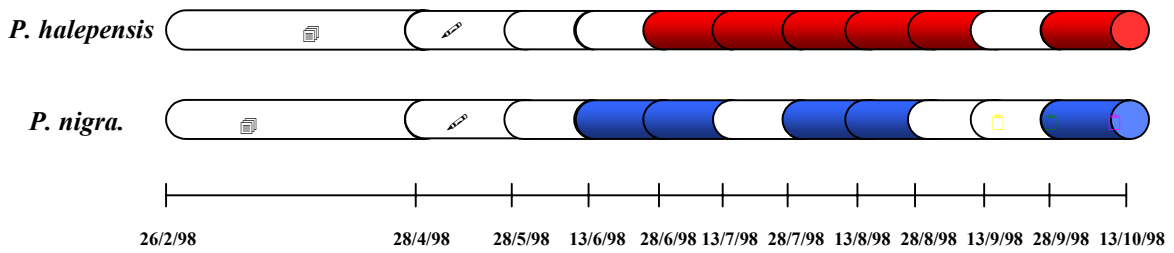
Diámetro.



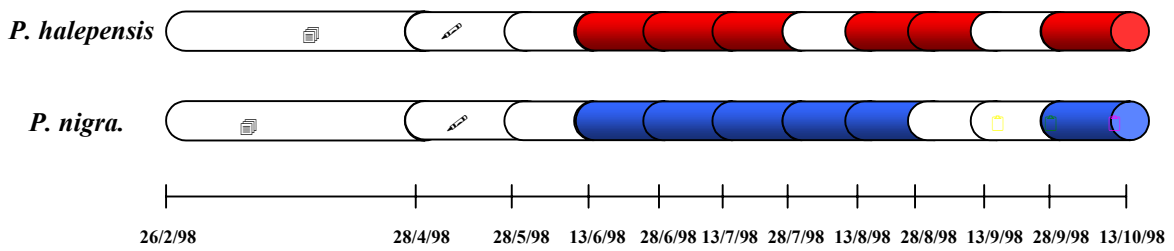
Número de ramas.



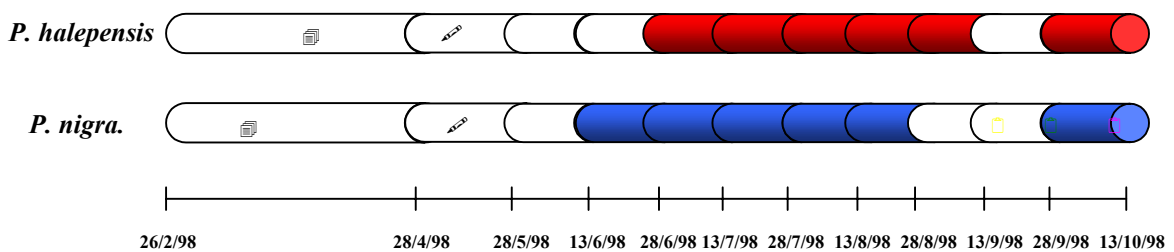
Peso seco de la parte aérea.



Peso seco de la parte radical.



Peso seco total.



**TABLA RESUMEN DE DURACIÓN DE LAS FASES DE CRECIMIENTO Y DE CRECIMIENTO RÁPIDO**

| Variable | DURACIÓN EN MESES | | | |
|-----------------|-------------------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| | <i>Pinus halepensis</i> Mill. | | <i>Pinus nigra</i> Arn. | |
| | Crecimiento | Crec. rápido | Crecimiento | Crec. rápido |
| Altura | 6.5 | 4.0 | 5.5 | 3.5 |
| Diámetro | 6.0 | 4.5 | 5.5 | 3.5 |
| Número de ramas | 1.5 | 1.5 | 0.5 | 0.5 |
| PSA | 7.0 | 3.0 | 6.5 | 2.5 |
| PSR | 7.0 | 3.0 | 6.5 | 3.0 |
| PST | 7.0 | 3.0 | 6.5 | 3.0 |

Teniendo en cuenta que la duración del ensayo fue de 7.5 meses, podemos decir que en *Pinus halepensis* Mill. las variables que crecieron durante más tiempo fueron los índices de biomasa (PSA, PSR y PST), seguido por la variable altura, diámetro y número de ramas, sin embargo si tenemos en cuenta la proporción de crecimiento rápido con respecto a la duración del crecimiento el orden se invierte. En *Pinus nigra* Arn. se da una situación semejante, con la diferencia de que la duración del crecimiento en altura y diámetro son iguales.

Comparativamente *Pinus halepensis* Mill. crece durante mas tiempo (excepto en diámetro) siendo también la duración de la fase de crecimiento rápido, en términos generales, mayor.