



IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1.- ESTUDIO DE LA MORFOLOGÍA:

En el presente capítulo nos disponemos a presentar los diversos resultados del estudio de la morfología de *Pinus halepensis* Mill., y de *Pinus nigra* Arn., así como el estudio comparativo de los resultados para ambas especies.

Las variables morfológicas estudiadas son:

- Altura de la parte aérea (H) en cm.
- Diámetro a nivel de la inserción de los cotiledones (D) en mm.
- Número de ramificaciones de la parte aérea (Nram).
- Peso seco de la parte aérea (PSA) en g.
- Peso seco de la parte radical (PSR) en g.
- Peso seco total (PST) en g.
- Altura del sistema radical (Hraiz) en cm.

Los índices morfológicos estudiados son:

- Coeficiente de esbeltez (H/D).
- Ratios PSA/PST, PSR/PST Y PSA/PSR.
- Índice de calidad de Dickson (QI).
- Tasa de crecimiento relativo (Rw)
- Incremento de la tasa de crecimiento relativo (ΔR_w).
- Tasa de crecimiento relativo en función del nitrógeno (Rw(N)).
- Tasa de peso radical (RWR \rightarrow Root Weight Ratio).
- Disponibilidad de nitrógeno (N/RW).
- Eficiencia en el uso del nitrógeno (NUE).
- Ratio alométrico (RA).

Además se estudiaron las siguientes variables cualitativas:

- Presencia de puntas blancas (PB).
- Nivel de micorrización (Dicotomías).
- Presencia de yemas (Yemas)

Como quedó explicado en el capítulo de Material y Métodos, en el diseño del ensayo se planteó la necesidad de establecer cuatro repeticiones o bloques por cada una de las especies estudiadas. La finalidad de este planteamiento inicial fue el poder realizar dos tipos de estudios bien diferenciados, uno de carácter intraespecífico, y otro de carácter interespecífico.

En el primer caso, en los estudios de la morfología de *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn. y tras la realización de un análisis mediante estadística descriptiva (Anexo 2 y Anexo 4) se procedió a comprobar si existían diferencias significativas entre los diferentes bloques de cada especie mediante la realización de ANOVAS (Análisis de la



Varianza de una vía). En las extracciones en las que se detectó que los bloques analizados eran significativamente diferentes entre sí, el siguiente paso dado fue la realización de un Test de Comparación de Medias de las *variables* con respecto al *bloque*, según el test de Tukey-b, con la finalidad de ver la distribución de semejanzas entre los diferentes bloques.

En el caso del estudio comparativo de la morfología de *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn., al igual que en el caso anterior, también se realizó un análisis mediante estadística descriptiva de los valores de los *bloques* promediados por *especie* (Anexo 6) para a continuación se procedió a comprobar si existían diferencias significativas entre las dos especies mediante la realización de ANOVAS (Análisis de la Varianza de una vía).

En ambos estudios, en los casos en los que no se cumplió la condición de homogeneidad de varianzas se procedió a realizar las transformaciones necesarias. En los casos en los que no se consiguieron transformaciones adecuadas fue necesario usar Estadística no Paramétrica (test de Kruskal-Wallis) para comprobar si existían diferencias significativas ($p < 0.05$).

Los resultados que expondremos a continuación en los estudios de la morfología, corresponden a las diferencias halladas para cada *variable morfológica* con respecto al factor *bloque* y al factor *especie*. También se incluyen las gráficas de cada variable con sus correspondientes barras de error estándar.



4.1.1.- Estudio de las diferencias en la morfología de *Pinus halepensis* Mill. con respecto al factor bloque:

➤ **Altura de la parte aérea:** H en cm.

Test de comparación de medias:

En la siguiente tabla aparecen los resultados del Test de Comparación de Medias para la variable *altura de la parte aérea* con respecto al *bloque* según el test de Tukey-b para un nivel de significación $p < 0.05$.

Extracción	Días desde el semillado	ALTURA (cm)			
		B1	B2	B3	B4
26-02-98	0	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
28-04-98	61	0.34 a	0.34 a	0.33 a	0.34 a
28-05-98	91	1.81 a	1.68 a	1.67 a	1.61 a
13-06-98	106	2.31 a	2.42 a	2.25 a	2.19 a
28-06-98	121	2.60 a	2.91 a	2.69 a	2.67 a
13-07-98	136	4.38 a	4.38 a	4.52 a	4.51 a
28-07-98	151	5.16 ab	6.14 a	5.81 a	4.59 b
13-08-98	166	5.38 ab	5.68 a	5.70 a	4.79 b
28-08-98	181	6.29 a	6.06 a	6.72 a	5.63 a
13-09-98	196	6.38 c	6.64 bc	7.92 a	7.54 ab
28-09-98	211	7.21 a	7.51 a	7.31 a	6.32 a
13-10-98	226	8.38 a	9.18 a	8.22 a	8.46 a

Tabla 2: Test de comparación de medias de la variable *altura de la parte aérea* con respecto al *bloque*, para la especie *Pinus halepensis* Mill., en las sucesivas extracciones del ensayo, según el test de Tukey-b ($p < 0.05$). Letras distintas indican diferencias significativas (valores de la media sombreados en gris). En los casos en los que no se consiguió la homogeneidad de varianzas mediante las transformaciones necesarias se usó Estadística no paramétrica, valores marcados en azul. Resaltado en amarillo, se indica la primera extracción después de la salida al área sombra del cultivo el 18 de mayo. En rojo se indica la extracción en la que no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Se observa, que con respecto a esta variable tanto el bloque 2 como el bloque 3 presentan diferencias significativas con el bloque 1 y este a su vez con el bloque 4 entre el 28 de julio y el 13 de agosto.

Vemos que el 13 de septiembre de nuevo aparecen las diferencias entre bloques, pero siendo esta vez todos los bloques diferentes entre sí, aunque los bloques 3 y 4 (a y ab) y los bloques 2 y 1 (bc y c) parecen más semejantes entre sí.

En el resto de las extracciones no se detectan diferencias significativas entre bloques.

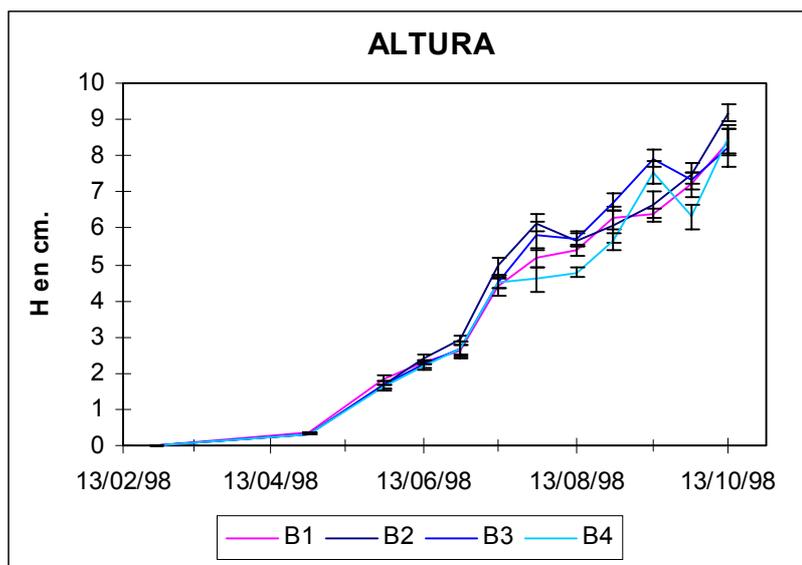


Gráfico 1: Evolución de la variable altura de la parte aérea de *Pinus halepensis* Mill.

➤ **Diámetro:** D en mm.

Test de comparación de medias:

En la siguiente tabla aparecen los resultados del Test de Comparación de Medias para la variable *diámetro* con respecto al *bloque* según el test de Tukey-b para un nivel de significación $p < 0.05$.

Extracción	Días desde el semillado	DIAMETRO (mm)			
		B1	B2	B3	B4
26-02-98	0	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a
28-04-98	61	0.9197 a	0.9177 a	0.9143 a	0.9173 a
28-05-98	91	0.8660 b	0.9210 ab	0.9560 ab	1.0820 a
13-06-98	106	1.0623 a	1.0430 a	1.0083 a	0.9867 a
28-06-98	121	1.0510 a	1.1530 a	1.0710 a	1.1400 a
13-07-98	136	1.2260 a	1.2260 a	1.2665 a	1.2910 a
28-07-98	151	1.5220 a	1.5410 a	1.5490 a	1.3970 a
13-08-98	166	1.6145 a	1.6680 a	1.5780 ab	1.4680 b
28-08-98	181	1.7240 a	1.6670 a	1.8170 a	1.7120 a
13-09-98	196	1.8547 a	1.8247 a	1.9393 a	1.8787 a
28-09-98	211	1.9820 a	1.9440 a	1.7760 a	1.8740 a
13-10-98	226	2.3480 a	2.3400 a	2.1860 a	2.1690 a

Tabla 3: Test de comparación de medias de la variable *diámetro* con respecto al *bloque*, para la especie *Pinus halepensis* Mill., en las sucesivas extracciones del ensayo, según el test de Tukey-b ($p < 0.05$). Letras distintas indican diferencias significativas (valores de la media sombreados en gris). En los casos en los que no se consiguió la homogeneidad de varianzas mediante las transformaciones necesarias se usó Estadística no paramétrica, valores marcados en azul. Resaltado en amarillo, se indica la primera extracción después de la salida al área sombreada del cultivo el 18 de mayo. En rojo se indica la extracción en la que no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).



En el caso de la variable diámetro, vemos que el test de comparación de medias indica que existen diferencias significativas del bloque 4 con respecto a los bloques 2 y 3 y estos a su vez con respecto al bloque 1 el 28 de mayo.

Así mismo se detecta que el 13 de agosto, los bloques 1 y 2 son significativamente diferentes con el bloque 4, siendo los resultados del bloque 4 diferentes a los tres anteriores bloques.

En el resto de las extracciones del ensayo todos los bloques fueron estadísticamente iguales.

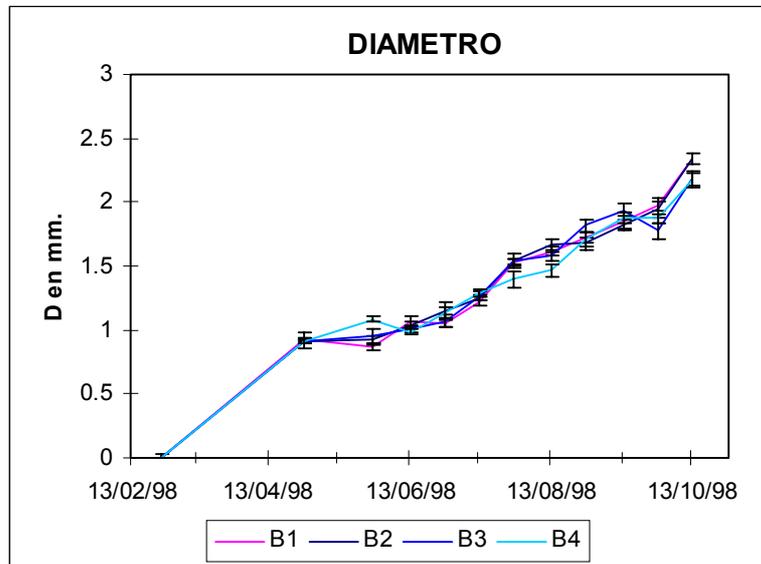


Gráfico 2: Evolución de la variable diámetro de *Pinus halepensis* Mill.

➤ **Número de ramificaciones de la parte aérea: Nram.****Test de comparación de medias:**

En la siguiente tabla aparecen los resultados del Test de Comparación de Medias para la variable *número de ramificaciones de la parte aérea* con respecto al *bloque* según el test de Tukey-b para un nivel de significación $p < 0.05$.

Extracción	Días desde el semillado	N. de Ramificaciones de la Parte Aérea			
		B1	B2	B3	B4
26-02-98	0	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
28-04-98	61	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
28-05-98	91	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
13-06-98	106	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
28-06-98	121	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.6 a
13-07-98	136	3.6 a	3.6 a	3.4 a	4.4 a
28-07-98	151	4.5 a	5.4 a	4.9 a	4.3 a
13-08-98	166	5.1 a	5.1 a	4.9 a	4.3 a
28-08-98	181	5.5 a	5.9 a	6.5 a	5.6 a
13-09-98	196	6.2 a	5.7 a	6.7 a	6.6 a
28-09-98	211	7.4 a	7.3 a	7.1 a	6.0 a
13-10-98	226	6.7 a	8.4 a	8.0 a	8.7 a

Tabla 4: Test de comparación de medias de la variable *número de ramificaciones de la parte aérea* con respecto al *bloque*, para la especie *Pinus halepensis* Mill., en las sucesivas extracciones del ensayo, según el test de Tukey-b ($p < 0.05$). Letras distintas indican diferencias significativas (valores de la media sombreados en gris). En los casos en los que no se consiguió la homogeneidad de varianzas mediante las transformaciones necesarias se usó Estadística no paramétrica, valores marcados en azul. Resaltado en amarillo, se indica la primera extracción después de la salida al área sombrea del cultivo el 18 de mayo. En rojo se indica la extracción en la que no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Para la variable número de ramas de la parte aérea solo se detectan diferencias significativas el 28 de junio, fecha en la que el bloque 4 presenta ramificaciones, mientras que el resto de los bloques aún no han emitido ninguna. En el resto de las extracciones los resultados de la ANOVA indica que no existen diferencias significativas.

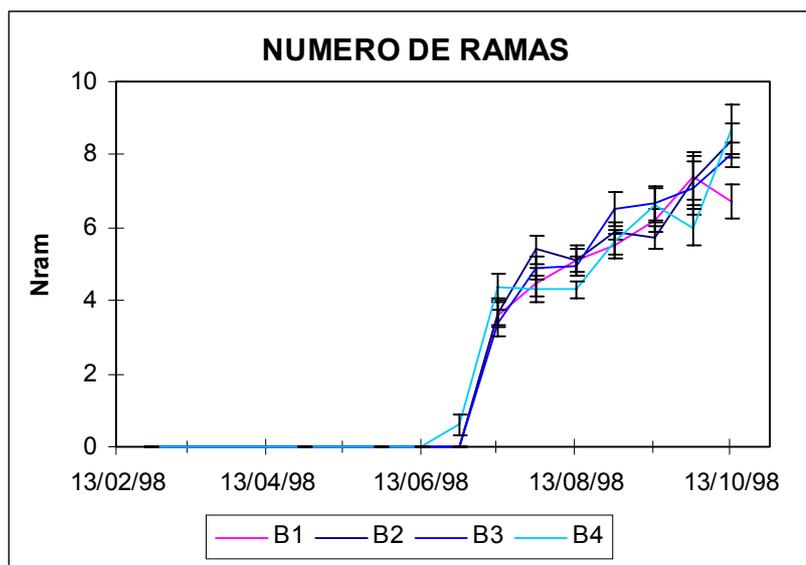


Gráfico 3: Evolución de la variable número de ramas de la parte aérea de *Pinus halepensis* Mill.

➤ **Peso seco de la parte aérea: PSA en g.**

Test de comparación de medias:

En la siguiente tabla aparecen los resultados del Test de Comparación de Medias para la variable *peso seco de la parte aérea* con respecto al *bloque* según el test de Tukey-b para un nivel de significación $p < 0.05$.

Extracción	Días desde el semillado	PSA (g)			
		B1	B2	B3	B4
26-02-98	0	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a
28-04-98	61	0.0266 b	0.0226 b	0.0189 a	0.0184 a
28-05-98	91	0.0917 a	0.0717 ab	0.0572 b	0.0624 b
13-06-98	106	0.1034 ab	0.1101 a	0.0916 b	0.0923 b
28-06-98	121	0.1374 a	0.1566 a	0.1311 a	0.1296 a
13-07-98	136	0.2591 a	0.2591 a	0.2663 a	0.2655 a
28-07-98	151	0.3623 a	0.3963 a	0.3966 a	0.2518 b
13-08-98	166	0.4326 ab	0.4948 a	0.4578 a	0.3716 b
28-08-98	181	0.5466 b	0.5605 ab	0.6048 a	0.4728 ab
13-09-98	196	0.6566 b	0.6659 ab	0.7952 a	0.7226 ab
28-09-98	211	0.6566 a	0.6659 a	0.7952 a	0.7226 a
13-10-98	226	0.7009 a	1.3147 a	1.0184 a	0.9818 a

Tabla 5: Test de comparación de medias de la variable *peso seco de la parte aérea* con respecto al *bloque*, para la especie *Pinus halepensis* Mill., en las sucesivas extracciones del ensayo, según el test de Tukey-b ($p < 0.05$). Letras distintas indican diferencias significativas (valores de la media sombreados en gris). En los casos en los que no se consiguió la homogeneidad de varianzas mediante las transformaciones necesarias se usó Estadística no paramétrica, valores marcados en azul. Resaltado en amarillo, se indica la primera extracción después de la salida al área sombra del cultivo el 18 de mayo. En rojo se indica la extracción en la que no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).



Estudiando los resultados del test de comparación de medias de la variable peso seco de la parte aérea, vemos que las diferencias significativas se dan en torno a dos periodos de tiempo. Uno que abarca del 28 de abril al 13 de junio, en donde los bloques 3 y 4 no presentan diferencias entre si, pero que se diferencian de los bloques 1 y 2, que a su vez son semejantes entre si. El otro periodo al que nos referimos, comprende del 28 de julio al 13 de septiembre. Vemos que mientras que en 28 de julio solo el bloque 4 se diferencia del resto de los bloques, en el resto de las extracciones, las diferencias se acentúan, en primer lugar el bloque 1, siendo semejantes los bloques 2 y 3, y diferente a los anteriores el bloque 4. Entre el 28 de agosto y 13 de septiembre el bloque 3 mantiene las diferencias, esta vez con los bloques 2 y 4, mientras que el bloque 1 se mantiene en último lugar.

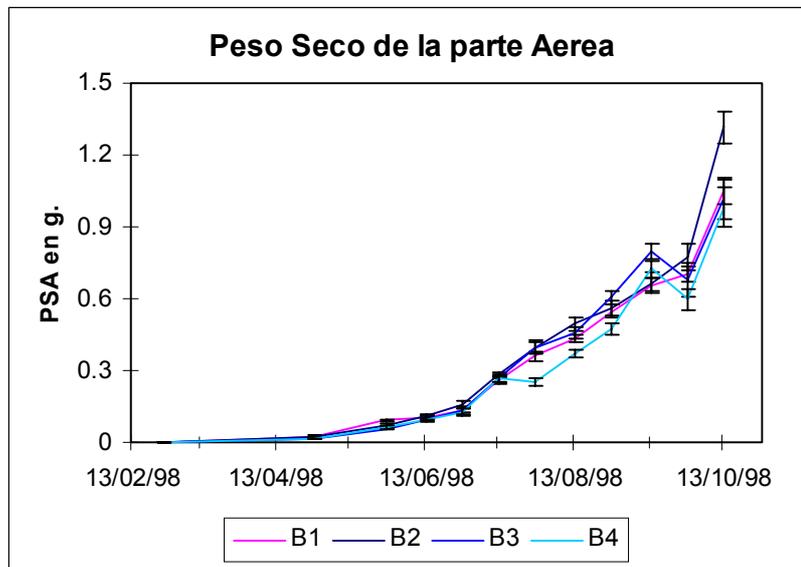


Gráfico 4: Evolución de la variable peso seco de la parte aérea de *Pinus halepensis* Mill.

➤ **Peso seco de la parte radical: PSR en g.****Test de comparación de medias:**

En la siguiente tabla aparecen los resultados del Test de Comparación de Medias para la variable *peso seco de la parte radical* con respecto al *bloque* según el test de Tukey-b para un nivel de significación $p < 0.05$.

Extracción	Días desde el semillado	PSR (g)			
		B1	B2	B3	B4
26-02-98	0	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a
28-04-98	61	0.0158 a	0.0138 a	0.0115 b	0.0110 b
28-05-98	91	0.0667 a	0.0517 b	0.0380 c	0.0375 c
13-06-98	106	0.0969 a	0.0915 ab	0.0794 b	0.0669 c
28-06-98	121	0.1345 a	0.1295 a	0.1274 a	0.1199 a
13-07-98	136	0.2067 a	0.2067 a	0.1893 a	0.1916 a
28-07-98	151	0.2925 a	0.2894 a	0.2948 a	0.2363 b
13-08-98	166	0.3150 a	0.3386 a	0.3137 a	0.2810 a
28-08-98	181	0.4609 a	0.4491 a	0.4543 a	0.3595 b
13-09-98	196	0.4875 a	0.5188 a	0.5698 a	0.5300 a
28-09-98	211	0.6452 a	0.6283 ab	0.4827 b	0.5364 ab
13-10-98	226	0.7344 ab	0.8016 a	0.6476 ab	0.6271 b

Tabla 6: Test de comparación de medias de la variable *peso seco de la parte radical* con respecto al *bloque*, para la especie *Pinus halepensis* Mill., en las sucesivas extracciones del ensayo, según el test de Tukey-b ($p < 0.05$). Letras distintas indican diferencias significativas (valores de la media sombreados en gris). En los casos en los que no se consiguió la homogeneidad de varianzas mediante las transformaciones necesarias se usó Estadística no paramétrica, valores marcados en azul. Resaltado en amarillo, se indica la primera extracción después de la salida al área sombreada del cultivo el 18 de mayo. En rojo se indica la extracción en la que no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Encontramos numerosas extracciones con diferencias significativas. Vemos que el 28 de abril, el bloque 1 y 2 se diferencian de los bloques 3 y 4. En la siguiente extracciones el bloque 1 se diferencia del bloque 2 y este a su vez de los bloques 3 y 4, mientras que en la extracción realizada el 13 de junio todos los bloques presentan diferencias entre si.

Tanto en las extracciones del 28 de julio como en la del 28 de agosto el único bloque que presenta diferencias significativas es el bloque 4. Al final del ensayo entre el 28 de septiembre y el 13 d octubre, la situación varía, mientras que a finales de septiembre el bloque 1 se diferencia de los bloques 2 y 4 y estos a su vez dl bloque 3, en la última extracciones el bloque 2 el que se diferencia de los bloques 1 y 3, mientras que es el bloque 4 en este caso el que mayores diferencias presenta con respecto al resto.

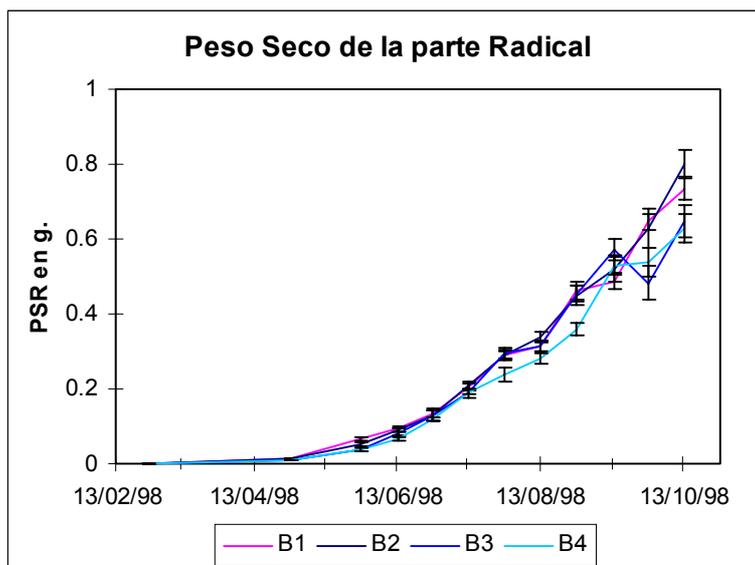


Gráfico 5: Evolución de la variable peso seco de la parte radical de *Pinus halepensis* Mill.

➤ **Peso seco total:** PST en g.

Test de comparación de medias:

En la siguiente tabla aparecen los resultados del Test de Comparación de Medias para la variable *peso seco total* con respecto al *bloque* según el test de Tukey-b para un nivel de significación $p < 0.05$.

Extracción	Días desde el semillado	PST (g)			
		B1	B2	B3	B4
26-02-98	0	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a
28-04-98	61	0.0423 a	0.0364 a	0.0303 b	0.0294 b
28-05-98	91	0.1584 a	0.1234 b	0.0952 b	0.0999 b
13-06-98	106	0.2003 a	0.2016 a	0.1710 b	0.1592 b
28-06-98	121	0.2719 a	0.2862 a	0.2586 a	0.2494 a
13-07-98	136	0.4658 a	0.4658 a	0.4593 a	0.4571 a
28-07-98	151	0.6548 a	0.6857 a	0.6914 a	0.4881 b
13-08-98	166	0.7475 ab	0.8334 a	0.7716 ab	0.6526 b
28-08-98	181	1.0075 b	1.0096 b	1.0591 b	0.8324 a
13-09-98	196	1.1441 a	1.1847 a	1.3649 a	1.2526 a
28-09-98	211	1.3462 a	1.4005 a	1.1605 a	1.1332 a
13-10-98	226	1.7810 a	2.1163 a	1.6661 a	1.6089 a

Tabla 7: Test de comparación de medias de la variable *peso seco total* con respecto al *bloque*, para la especie *Pinus halepensis* Mill., en las sucesivas extracciones del ensayo, según el test de Tukey-b ($p < 0.05$). Letras distintas indican diferencias significativas (valores de la media sombreados en gris). En los casos en los que no se consiguió la homogeneidad de varianzas mediante las transformaciones necesarias se usó Estadística no paramétrica, valores marcados en azul. Resaltado en amarillo, se indica la primera extracción después de la salida al área sombreada del cultivo el 18 de mayo. En rojo se indica la extracción en la que no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).



De los resultados del test de comparación de medias vemos que tanto en las extracciones del 28 de abril como en la del 13 de junio los bloques 1 y 2 se diferencian de los bloques 3 y 4, mientras que en las extracciones del 28 de mayo, 28 de julio y 28 de agosto, es el bloque 4 el que presenta diferencias con los bloques 1, 2 y 3. El 13 de agosto observamos que el bloque 2 se diferencia de los bloques 1 y 3, y estos a su vez son diferentes al bloque 4.

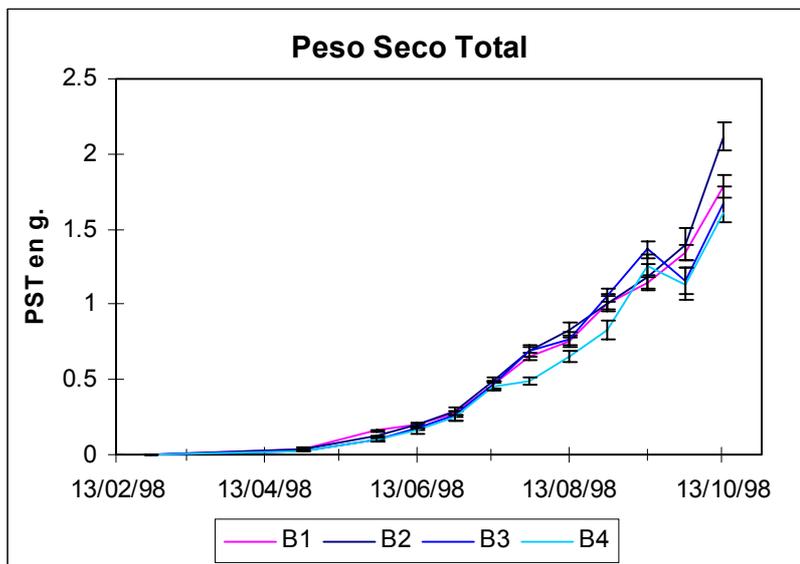


Gráfico 6: Evolución de la variable peso seco total de *Pinus halepensis* Mill.



➤ Coeficiente de esbeltez: H/D.

Test de comparación de medias:

En la siguiente tabla aparecen los resultados del Test de Comparación de Medias para la variable *coeficiente de esbeltez* con respecto al *bloque* según el test de Tukey-b para un nivel de significación $p < 0.05$.

Extracción	Días desde el semillado	H/D (cm/mm)			
		B1	B2	B3	B4
26-02-98	0	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a
28-04-98	61	0.3859 a	0.3708 a	0.3608 a	0.3674 a
28-05-98	91	2.2362 a	1.8471 ab	1.7557 ab	1.4910 b
13-06-98	106	2.1892 a	2.3236 a	2.2281 a	2.2160 a
28-06-98	121	2.4793 a	2.5492 a	2.4975 a	2.3387 a
13-07-98	136	3.5578 a	3.5578 a	3.5658 a	3.4951 a
28-07-98	151	3.3796 ab	3.9852 a	3.7635 ab	3.2483 b
13-08-98	166	3.3340 a	3.4075 a	3.6027 a	3.3047 a
28-08-98	181	3.6421 a	3.6083 a	3.7105 a	3.2971 a
13-09-98	196	3.4473 c	3.6170 bc	4.1065 a	4.0037 ab
28-09-98	211	3.6500 ab	3.8982 ab	4.0815 a	3.3517 b
13-10-98	226	3.5755 a	3.9311 a	3.7506 a	3.8893 a

Tabla 8: Test de comparación de medias de la variable *coeficiente de esbeltez* con respecto al *bloque*, para la especie *Pinus halepensis* Mill., en las sucesivas extracciones del ensayo, según el test de Tukey-b ($p < 0.05$). Letras distintas indican diferencias significativas (valores de la media sombreados en gris). En los casos en los que no se consiguió la homogeneidad de varianzas mediante las transformaciones necesarias se usó Estadística no paramétrica, valores marcados en azul. Resaltado en amarillo, se indica la primera extracción después de la salida al área sombreada del cultivo el 18 de mayo. En rojo se indica la extracción en la que no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Las diferencias encontradas con respecto a esta variable presenta una característica más ó menos común en las extracciones correspondientes al 28 de mayo, 28 de julio y 28 de septiembre, mientras el bloque 4 se difiere claramente del resto de los bloques, los bloques 1, 2 y 3 presentan diferencias del tipo **a**, **ab**, pero sin observar una predominancia de algún bloque en concreto.

El 13 de septiembre encontramos que todos los bloques son diferentes entre sí, aunque vemos que los bloques 3 y 4, y los bloques 2 y 1 son mas parecidos entre ellos.

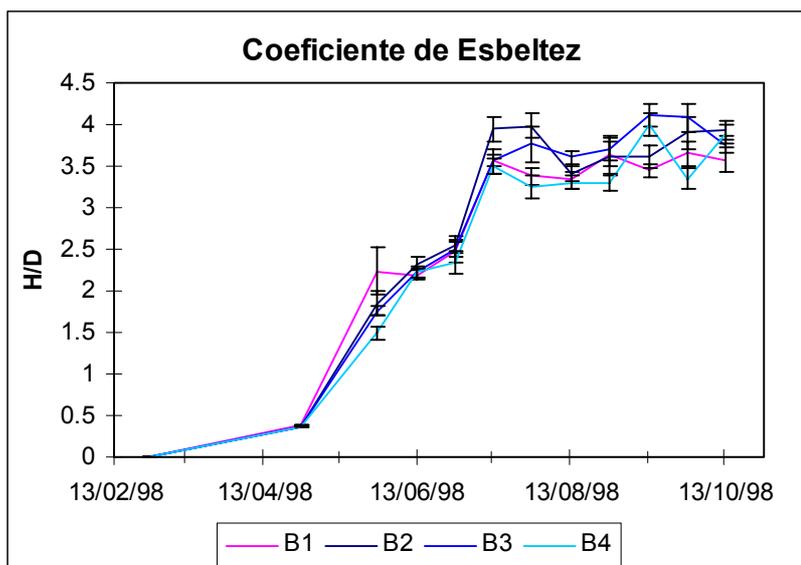


Gráfico 7: Evolución de la variable coeficiente de esbeltez de *Pinus halepensis* Mill.

➤ **Ratio PSA/PST:**

Test de comparación de medias:

En la siguiente tabla aparecen los resultados del Test de Comparación de Medias para la variable *ratio PSA/PST* con respecto al *bloque* según el test de Tukey-b para un nivel de significación $p < 0.05$.

Extracción	Días desde el semillado	PSA/PST			
		B1	B2	B3	B4
26-02-98	0	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a
28-04-98	61	0.6231 a	0.6178 a	0.6200 a	0.6252 a
28-05-98	91	0.5756 b	0.5790 ab	0.6047 ab	0.6257 a
13-06-98	106	0.5168 b	0.5422 b	0.5328 b	0.5867 a
28-06-98	121	0.5024 a	0.5596 a	0.5032 a	0.5158 a
13-07-98	136	0.5546 a	0.5546 a	0.5788 a	0.5808 a
28-07-98	151	0.5516 a	0.5749 a	0.5722 a	0.5184 b
13-08-98	166	0.5797 a	0.5894 a	0.5916 a	0.5698 a
28-08-98	181	0.5427 a	0.5547 a	0.5716 a	0.5670 a
13-09-98	196	0.5741 a	0.5603 a	0.5841 a	0.5760 a
28-09-98	211	0.5196 a	0.5534 a	0.5796 a	0.5261 a
13-10-98	226	0.5869 a	0.6202 a	0.6085 a	0.6052 a

Tabla 9: Test de comparación de medias de la variable *ratio PSA/PST* con respecto al *bloque*, para la especie *Pinus halepensis* Mill., en las sucesivas extracciones del ensayo, según el test de Tukey-b ($p < 0.05$). Letras distintas indican diferencias significativas (valores de la media sombreados en gris). En los casos en los que no se consiguió la homogeneidad de varianzas mediante las transformaciones necesarias se usó Estadística no paramétrica, valores marcados en azul. Resaltado en amarillo, se indica la primera extracción después de la salida al área sombreada del cultivo el 18 de mayo. En rojo se indica la extracción en la que no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

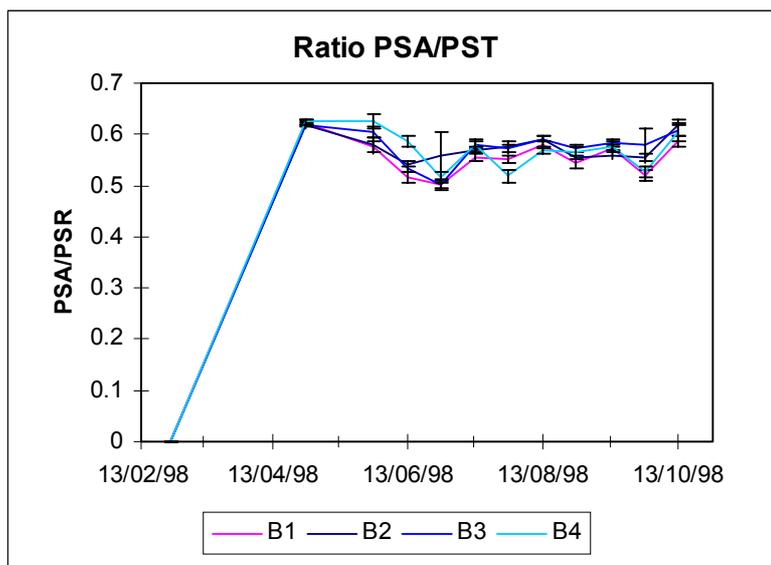


Gráfico 8: Evolución de la variable ratio PSA/PST de *Pinus halepensis* Mill.

➤ Ratio PSR/PST:

Test de comparación de medias:

En la siguiente tabla aparecen los resultados del Test de Comparación de Medias para la variable *ratio PSR/PST* con respecto al *bloque* según el test de Tukey-b para un nivel de significación $p < 0.05$.

Extracción	Días desde el semillado	PSR/PST			
		B1	B2	B3	B4
26-02-98	0	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a
28-04-98	61	0.3769 a	0.3822 a	0.3800 a	0.3748 a
28-05-98	91	0.4244 a	0.4210 ab	0.3953 ab	0.3743 b
13-06-98	106	0.4832 a	0.4578 a	0.4672 a	0.4133 b
28-06-98	121	0.4976 a	0.4404 a	0.4968 a	0.4868 a
13-07-98	136	0.4454 a	0.4454 a	0.4212 a	0.4192 a
28-07-98	151	0.4484 b	0.4251 b	0.4278 b	0.4816 a
13-08-98	166	0.4203 a	0.4106 a	0.4084 a	0.4302 a
28-08-98	181	0.4573 a	0.4453 a	0.4284 a	0.4330 a
13-09-98	196	0.4259 a	0.4397 a	0.4159 a	0.4240 a
28-09-98	211	0.4804 a	0.4466 a	0.4204 a	0.4739 a
13-10-98	226	0.4131 a	0.3798 a	0.3915 a	0.3948 a

Tabla 10: Test de comparación de medias de la variable *ratio PSR/PST* con respecto al *bloque*, para la especie *Pinus halepensis* Mill., en las sucesivas extracciones del ensayo, según el test de Tukey-b ($p < 0.05$). Letras distintas indican diferencias significativas (valores de la media sombreados en gris). En los casos en los que no se consiguió la homogeneidad de varianzas mediante las transformaciones necesarias se usó Estadística no paramétrica, valores marcados en azul. Resaltado en amarillo, se indica la primera extracción después de la salida al área sombreada del cultivo el 18 de mayo. En rojo se indica la extracción en la que no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

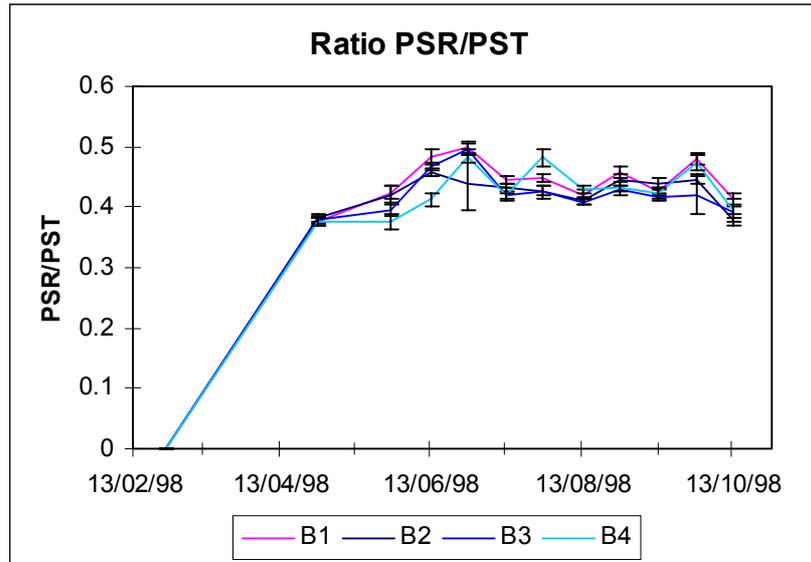


Gráfico 9: Evolución de la variable ratio PSR/PST de *Pinus halepensis* Mill.

Comentaremos las diferencias halladas tanto en PSA/PST como en PSR/PST de manera conjunta por ser estas lógicamente las mismas. Encontramos diferencias estadísticamente significativas en las extracciones con fecha del 28 de mayo, 13 de junio y 28 de julio, en donde vemos que con excepción de la extracción de mayo en donde el bloque claramente diferente es el bloque 1, en resto el único bloque que presenta diferencias es el bloque 4. En el resto de las extracciones no se observan diferencias algunas.

➤ **Ratio PSA/PSR:****Test de comparación de medias:**

En la siguiente tabla aparecen los resultados del Test de Comparación de Medias para la variable *ratio PSA/PSR* con respecto al *bloque* según el test de Tukey-b para un nivel de significación $p < 0.05$.

Extracción	Días desde el semillado	PSA/PSR			
		B1	B2	B3	B4
26-02-98	0	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a	0.0000 a
28-04-98	61	1.6763 a	1.6343 a	1.6542 a	1.6881 a
28-05-98	91	1.3728 a	1.4056 a	1.5517 a	1.7014 a
13-06-98	106	1.1054 b	1.1975 b	1.1491 b	1.5154 a
28-06-98	121	1.0135 a	1.8789 a	1.0214 a	1.0735 a
13-07-98	136	1.2524 b	1.2524 b	1.4088 a	1.3912 ab
28-07-98	151	1.2348 ab	1.3660 a	1.3435 a	1.0895 b
13-08-98	166	1.3944 a	1.4512 a	1.4567 a	1.3348 a
28-08-98	181	1.1965 a	1.2548 a	1.3401 a	1.3162 a
13-09-98	196	1.3553 a	1.2882 a	1.4113 a	1.3757 a
28-09-98	211	1.0896 a	1.2464 a	1.4812 a	1.1215 a
13-10-98	226	1.4338 a	1.6472 a	1.5694 a	1.5805 a

Tabla 11: Test de comparación de medias de la variable *ratio PSA/PSR* con respecto al *bloque*, para la especie *Pinus halepensis* Mill., en las sucesivas extracciones del ensayo, según el test de Tukey-b ($p < 0.05$). Letras distintas indican diferencias significativas (valores de la media sombreados en gris). En los casos en los que no se consiguió la homogeneidad de varianzas mediante las transformaciones necesarias se usó Estadística no paramétrica, valores marcados en azul. Resaltado en amarillo, se indica la primera extracción después de la salida al área sombreada del cultivo el 18 de mayo. En rojo se indica la extracción en la que no hubo fertilización (periodo sin fertilización, del 16 de julio al 6 de agosto).

Con respecto al ratio PSA/PSR, vemos que las diferencias significativas se distribuyen en el 13 de junio, siendo el bloque 4 diferente de los bloques 1, 2 y 3. En el 13 de julio, siendo el bloque 3 diferente del bloque 4, y este a su vez de los bloques 1 y 2. Y por último en la extracción del 28 de julio, en la que observamos que los bloque 2 y 3 se diferencian del bloque 1 y este a su vez del bloque 4. En el resto de las extracciones no existen diferencias significativas.

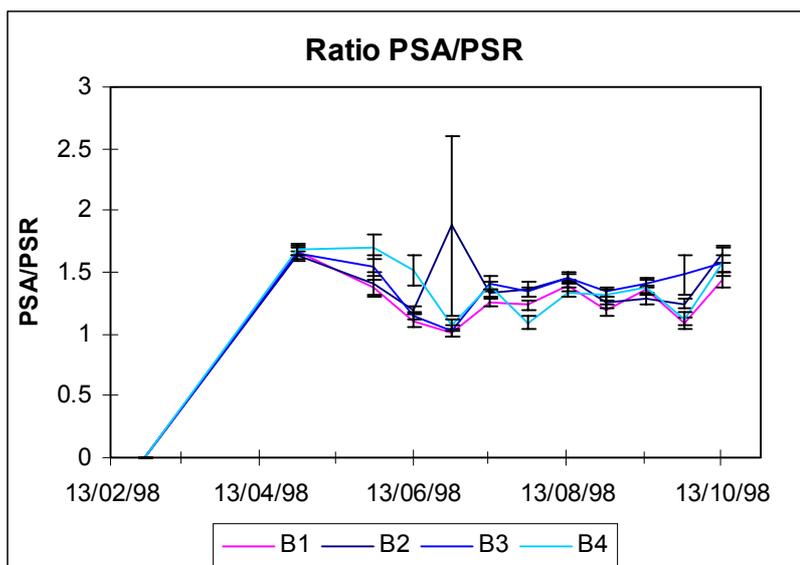


Gráfico 10: Evolución de la variable ratio PSA/PSR de *Pinus halepensis* Mill.

➤ **Altura del sistema radical:** Hraiz en cm.

Test de comparación de medias:

En la siguiente tabla aparecen los resultados del Test de Comparación de Medias para la variable *altura del sistema radical* con respecto al *bloque* según el test de Tukey-b para un nivel de significación $p < 0.05$.

Extracción	Días desde el semillado	Altura del Sistema Radical (cm)			
		B1	B2	B3	B4
28-09-98	211	11.12 a	10.98 a	10.92 a	10.92 a
13-10-98	226	11.10 a	11.23 a	10.89 a	10.94 a

Tabla 12: Test de comparación de medias de la variable *altura del sistema radical* con respecto al *bloque*, para la especie *Pinus halepensis* Mill., en las sucesivas extracciones del ensayo, según el test de Tukey-b ($p < 0.05$). Letras distintas indican diferencias significativas (valores de la media sombreados en gris). En los casos en los que no se consiguió la homogeneidad de varianzas mediante las transformaciones necesarias se usó Estadística no paramétrica, valores marcados en azul.

Para la variable altura del sistema radical observamos que no existen diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las dos extracciones realizadas.

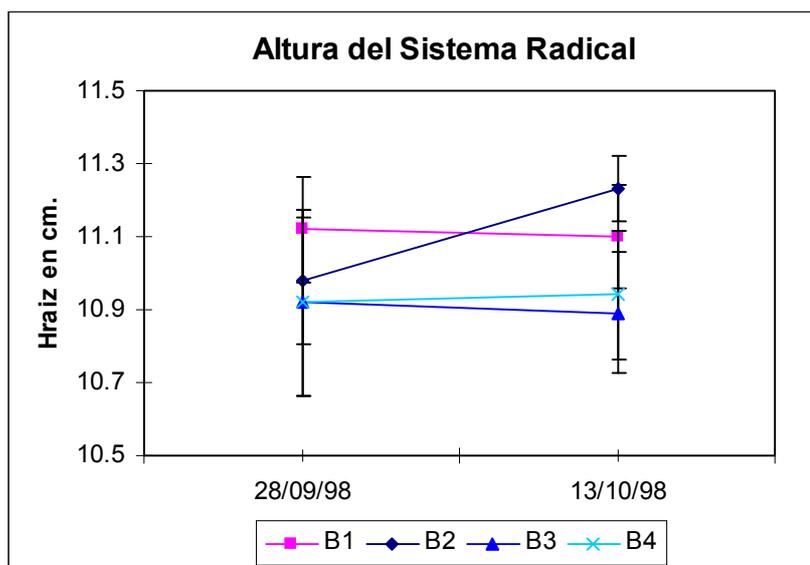


Gráfico 11: Evolución de la variable altura del sistema radical de *Pinus halepensis* Mill.

Discusión de los resultados:

Podemos decir que en general la variabilidad con respecto al factor bloque es escasa con respecto a las variables altura y diámetro. Si observamos el análisis realizado mediante el test de comparación de medias en el caso de la altura, solo se detectan diferencias significativas en tres de las extracciones realizadas, correspondientes al 28 de julio, 13 de agosto y 13 de septiembre, a priori es difícil establecer causas concretas que lleven a esta especie a mostrar este comportamiento, sin embargo podemos reseñar que estas diferencias coinciden con dos momentos llamativos del cultivo: en primer lugar la ausencia de fertilización entre el 16 de julio y el 6 de agosto, y en segundo lugar un brusco descenso de las temperaturas registradas. En el caso del diámetro, esta variable solo presenta diferencias significativas en dos momentos muy concretos: en la 2ª extracción (28 de mayo), y en la séptima extracción (13 de agosto). Como en el caso de la altura es difícil encontrar los motivos que llevan a explicar las diferencias significativas entre bloques. Tal vez el hecho de que solo hubiesen transcurrido 10 días de la salida al área sombreada del cultivo, y la diferente velocidad de adaptación a las nuevas condiciones microclimáticas tenga reflejo en estas diferencias en diámetro. En el caso de la extracción del 13 de agosto, de nuevo coincide con que se corresponde con la falta de fertilización en las fechas previas. En ambas variables no se observa saturación en cuanto a sus incrementos al final del cultivo.

La emisión de las primeras ramificaciones tiene lugar de forma rotunda (de 3,4 a 4,4 ramas/planta) entre el 13 de junio y el 28 de junio (entre 106 y 121 días después del semillado), aunque en el caso del bloque 4 se observó que este inicio tuvo lugar en la anterior extracción, aunque con un número de ramas realmente bajo. A partir de este momento el número de ramas presenta una evolución claramente creciente, debido a que esta especie se caracteriza por emitir ramas distribuidas a lo largo de todo el tallo, por lo que lógicamente a mayor altura, mayor número de ramificaciones. Del test de comparación de medias vemos que solo existen diferencias significativas en la extracción del 13 de



junio, mientras que para el resto de las extracciones el número de ramas emitidas en todos los bloques son estadísticamente iguales.

Si bien esta especie tiene un comportamiento relativamente homogéneo entre bloques en cuanto a los valores que definen sus variables altura, diámetro y número de ramas, no podemos decir lo mismo refiriéndonos a los datos de incremento de biomasa, tanto aérea como radical y total. Esta heterogeneidad parece ser una constante, ya que aproximadamente en un 65% de las extracciones las diferencias halladas son significativas la explicación a este fenómeno podemos encontrarla en el hecho de que las variables de biomasa, están muy influenciadas por el comportamiento de otras variables morfológicas como pueden ser la altura, el diámetro y el número de ramas, por tanto no solo recogen la variabilidad individual de estas sino que parece que se combinan y amplifican las diferencias que pudieran existir. Por tanto los índices de biomasa recogen y matizan mucho más la información que pudieran proporcionar las variables de altura y diámetro individualmente. En cuanto a la evolución que presentan los índices de biomasa, vemos que son siempre crecientes a lo largo del cultivo, no observándose síntomas de saturación. Se ha detectado que a partir de finales de junio, en el momento que se ha estabilizado el incremento de PSA, los bloques 2 y 3 son los que habitualmente presentan mayores contenidos en biomasa aérea, lo cual podría ser indicativo de la influencia constante de alguna de las variables climáticas o de situación del cultivo en el área sombreada (orientación del sol, mayor o menor incidencia del riego...).

Con respecto al coeficiente de esbeltez podemos decir que este índice al estar compuesto de dos de las variables morfológicas anteriormente descritas, comparte a su vez los momentos en los que aparecen las diferencias significativas entre bloques. En general todos los bloques presentan fuertes incrementos de esta variable, hasta el 13 de julio (136 días después del semillado), momento en el que los bloques alcanzan una horquilla de valores comprendida entre 3,3 cm/mm y 4.1 cm/mm que se mantiene hasta el final del cultivo.

Tanto el ratio PSA/PST como el PSR/PST nos proporcionan la relación que existe entre cada una de las partes (aérea y radical) con respecto a la biomasa total, por lo que ambos índices hay que considerarlos como complementarios. El ratio PSA/PSR por tanto es otra forma de expresar las relaciones de biomasa, que aclara y completa la importancia de cada parte en el conjunto de la planta. En análisis del test de comparación de medias observamos que las diferencias significativas se restringen a la primera mitad del cultivo (2ª, 3ª y 5ª extracción), pero conviene aclarar que en las extracciones del 13 de junio y del 13 de julio solo el bloque 4 es significativamente diferente, por lo que deducimos que esta especie presenta un comportamiento muy estable con respecto a estos índices. Con lo que respecta a los resultados obtenidos, en todos los bloques se ha observado el mayor peso de la biomasa aérea en el cómputo total, cuyos valores oscilan entre 0,6257 y 0,5024 para el ratio PSA/PST (0,3743 y 0,4976 para el ratio PSR/PST), que tienen su correspondencia en el ratio PSA/PSR con el rango que oscila de 1,7014 a 1,0135. De la evolución de los valores de estos ratios, observamos un mayor incremento del PSA con respecto al PSR en las primeras extracciones, en una fase intermedia del ensayo es el PSR el que adquiere mayor protagonismo, para finalmente en la última extracción verse un aumento sustancial del PSA y por tanto de los ratios PSA/PST y PSA/PSR, consecuencia del mayor incremento de los valores de altura y diámetro.

La altura del sistema radical fue una de las variables morfológicas registradas durante las dos últimas extracciones para completar el estudio morfológico de cada



especie. La finalidad de esta variable es servir como complemento a los resultados de biomasa radical obtenidos y dar una idea del grado de colonización longitudinal del cepellón. Para esta especie y teniendo en cuenta el envase utilizado (® Forest-Pot 200), con una profundidad de alvéolo de 15 cm., no se aprecian ni diferencias significativas entre los bloques, ni prácticamente incremento en los resultados de esta variable de una a otra extracción. La altura del sistema radical oscila de 10,9 cm. a 11,2 cm., lo que supone entre un 72,6 % y un 74,6 % del la altura del alvéolo.

Se ha observado un diferente grado de variabilidad de cuanto a las diferencias significativas en las diversas variables morfológicas con respecto al factor bloque, si bien estas han podido deberse a factores climáticos o de situación espacial del cultivo, conviene recordar, que dadas las características del tipo de muestreo, las causas mas probables que justifiquen este comportamiento es el propio hecho de que los individuos muestreados en cada extracción fue diferente.