

### 4.2.2.- Estudio de las diferencias en el contenido en nutrientes de *Pinus nigra* Arn. con respecto a la parte aérea y la parte radical:

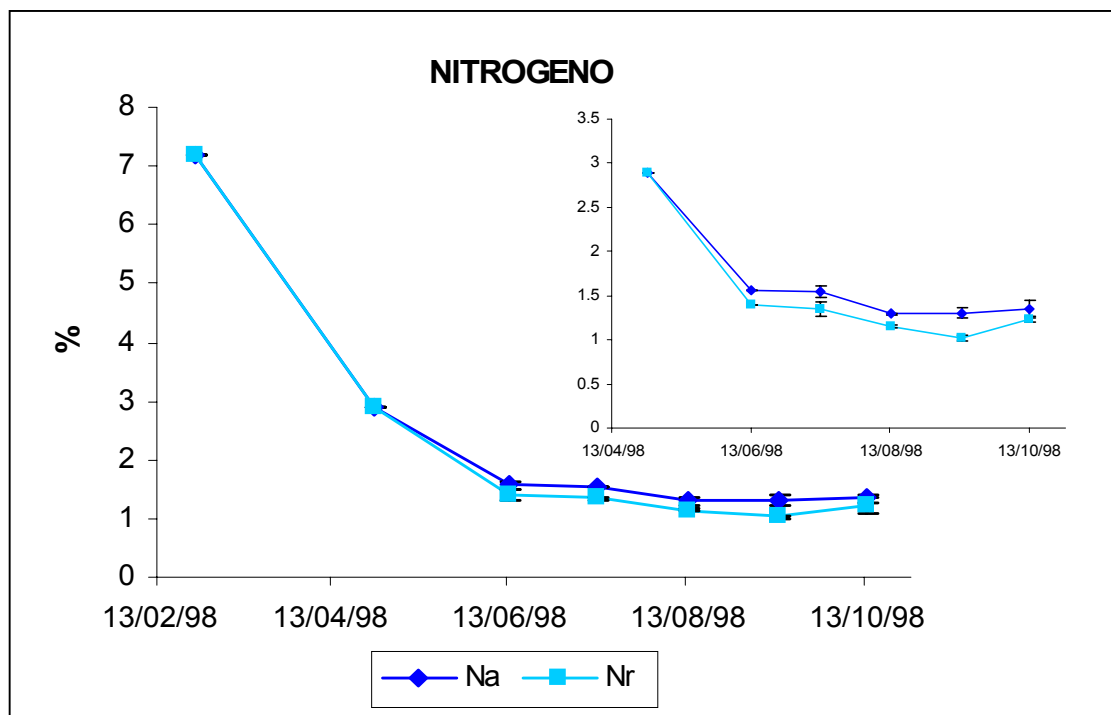
➤ **Nitrógeno:** concentración de N en % y contenido de N en mg/planta.

#### Análisis de la Varianza de una vía:

En la siguiente tabla aparecen los resultados de la ANOVAS de una vía para la variable *concentración de nitrógeno* con respecto a la *parte* para comprobar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las sucesivas extracciones.

Ext.	D.S.	Nitrógeno (%)				Nitrógeno (mg/planta)		
		<i>P.aérea</i>	<i>P.radical</i>	Dif.	N.S.	<i>P.aérea</i>	<i>P.radical</i>	Dif.
26-02-98	0	7.190		-	-	1.605		-
28-04-98	61	2.890		-	-	0.947		-
13-06-98	106	1.565	1.398	10.67	0.1700	2.528	1.349	46.63
13-07-98	136	1.540	1.350	12.34	0.0000	5.948	3.227	45.74
13-08-98	166	1.293	1.150	11.06	0.0780	6.879	4.335	36.98
13-09-98	196	1.300	1.025	21.15	0.0256	9.849	6.239	36.65
13-10-98	226	1.350	1.225	9.26	0.4430	13.686	10.081	26.34

**Tabla 58:** Análisis de la varianza de una vía de la variable *concentración de nitrógeno* con respecto a la *parte*, de la especie *Pinus nigra* Arn., en las sucesivas extracciones del ensayo. P = nivel de significación. Los valores con  $p < 0.05$ , indica 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. Se incluyen los datos del contenido de nitrógeno en mg/planta. D.S.= días desde el semillado. Dif.= diferencia en % entre la parte aérea y radical. N.S.= nivel de significación.



**Gráfico 56:** Evolución de la concentración de nitrógeno aéreo y radical de *Pinus nigra* Arn. En la gráfica reducida, aparecen los contenidos en nitrógeno con la excepción de la concentración en semillas.



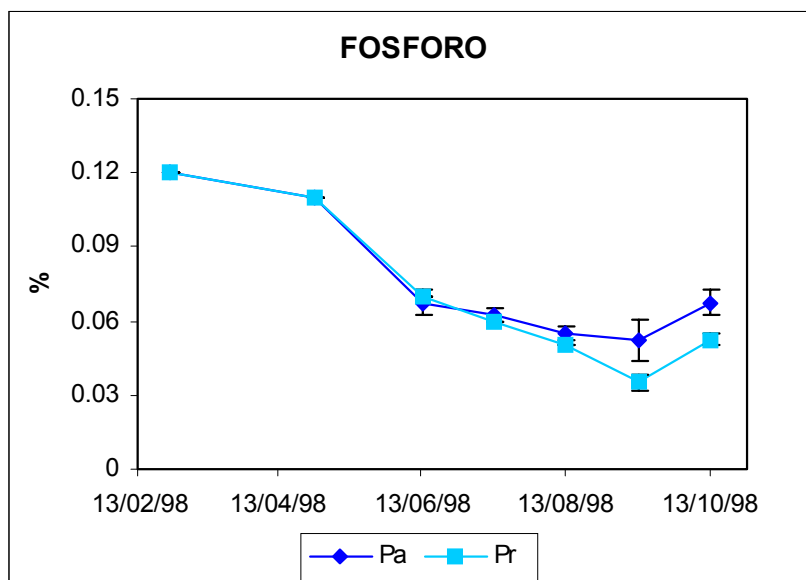
- **Fósforo:** concentración de P en % y contenido de P en mg/planta.

### Análisis de la Varianza de una vía:

En la siguiente tabla aparecen los resultados de la ANOVAS de una vía para la variable *concentración de fósforo* con respecto a la *parte* para comprobar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las sucesivas extracciones.

Ext.	D.S.	Fósforo (%)				Fósforo (mg/planta)		
		<i>P.aérea</i>	<i>P.radical</i>	Dif.	N.S.	<i>P.aérea</i>	<i>P.radical</i>	Dif.
26-02-98	0	0.120	-	-	-	0.026	-	-
28-04-98	61	0.110	-	-	-	0.036	-	-
13-06-98	106	0.068	0.070	-2.86	0.6200	0.108	0.067	37.96
13-07-98	136	0.063	0.060	4.76	0.3560	0.241	0.143	40.66
13-08-98	166	0.055	0.050	9.09	0.1340	0.294	0.187	36.39
13-09-98	196	0.053	0.035	33.96	0.1000	0.397	0.213	46.34
13-10-98	226	0.068	0.053	22.06	0.0320	0.682	0.429	37.09

**Tabla 59:** Análisis de la varianza de una vía de la variable *concentración de fósforo* con respecto a la *parte*, de la especie *Pinus nigra* Arn., en las sucesivas extracciones del ensayo. P = nivel de significación. Los valores con  $p < 0.05$ , indica 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. Se incluyen los datos del contenido de fósforo en mg/planta. D.S.= días desde el semillado. Dif.= diferencia en % entre la parte aérea y radical. N.S.= nivel de significación.



**Gráfico 57:** Evolución de la concentración de fósforo aéreo y radical de *Pinus nigra* Arn.



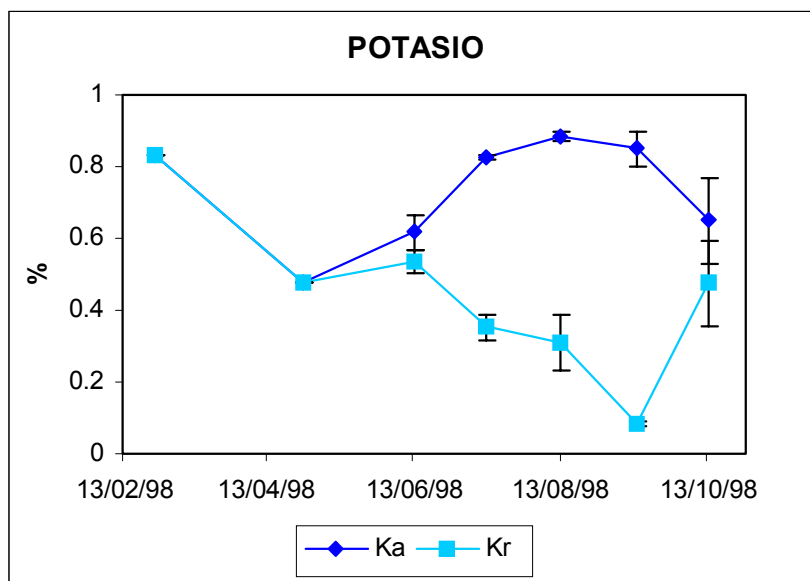
- **Potasio:** concentración de K en % y contenido de K en mg/planta.

### Análisis de la Varianza de una vía:

En la siguiente tabla aparecen los resultados de la ANOVAS de una vía para la variable *concentración de potasio* con respecto a la *parte* para comprobar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las sucesivas extracciones.

Ext.	D.S.	Potasio (%)				Potasio (mg/planta)		
		<i>P.aérea</i>	<i>P.radical</i>	Dif.	N.S.	<i>P.aérea</i>	<i>P.radical</i>	Dif.
26-02-98	0	0.830	-	-	-	0.185	-	-
28-04-98	61	0.480	-	-	-	0.157	-	-
13-06-98	106	0.618	0.535	13.43	0.1900	0.999	0.517	48.24
13-07-98	136	0.830	0.360	56.63	0.0000	3.187	0.850	73.32
13-08-98	166	0.883	0.310	64.89	0.0000	4.705	1.197	74.55
13-09-98	196	0.850	0.085	90.00	0.0000	6.456	0.518	91.97
13-10-98	226	0.650	0.475	26.92	0.3230	6.512	3.846	40.93

**Tabla 60:** Análisis de la varianza de una vía de la variable *concentración de potasio* con respecto a la *parte*, de la especie *Pinus nigra* Arn., en las sucesivas extracciones del ensayo. P = nivel de significación. Los valores con  $p < 0.05$ , indica 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. Se incluyen los datos del contenido de potasio en mg/planta. D.S.= días desde el semillado. Dif.= diferencia en % entre la parte aérea y radical. N.S.= nivel de significación.



**Gráfico 58:** Evolución de la concentración de potasio aéreo y radical de *Pinus nigra* Arn.



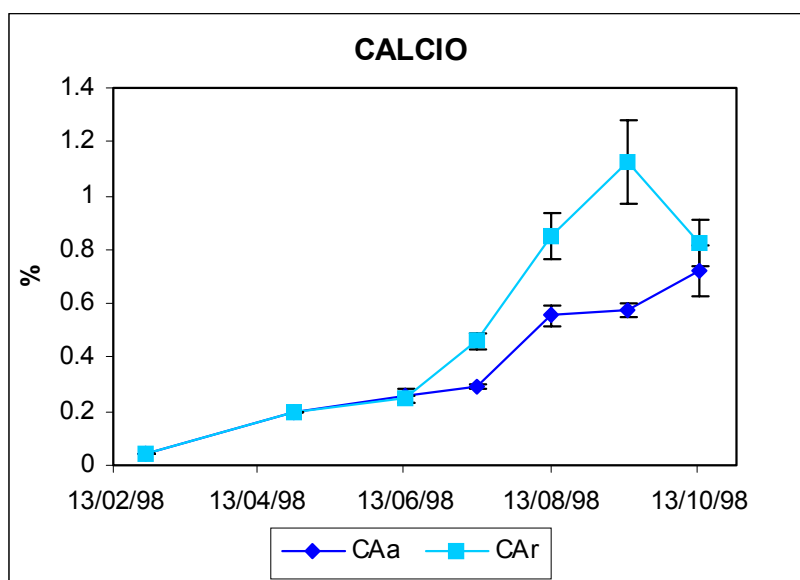
- **Calcio:** concentración de Ca en % y contenido de Ca en mg/planta.

### *Análisis de la Varianza de una vía:*

En la siguiente tabla aparecen los resultados de la ANOVAS de una vía para la variable *concentración de calcio* con respecto a la *parte* para comprobar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las sucesivas extracciones.

Ext.	D.S.	Calcio (%)				Calcio (mg/planta)		
		<i>P.aérea</i>	<i>P.radical</i>	Dif.	N.S.	<i>P.aérea</i>	<i>P.radical</i>	Dif.
26-02-98	0	0.040		-	-	0.008		-
28-04-98	61	0.200		-	-	0.065		-
13-06-98	106	0.255	0.245	3.92	0.7500	0.413	0.240	41.88
13-07-98	136	0.293	0.460	-36.30	0.0010	1.130	1.105	2.21
13-08-98	166	0.555	0.848	-34.55	0.0210	2.973	3.142	-5.37
13-09-98	196	0.575	1.125	-48.89	0.0130	4.378	6.829	-35.89
13-10-98	226	0.725	0.825	-12.12	0.463	7.404	6.795	8.22

**Tabla 61:** Análisis de la varianza de una vía de la variable *concentración de calcio* con respecto a la *parte*, de la especie *Pinus nigra* Arn., en las sucesivas extracciones del ensayo. P = nivel de significación. Los valores con  $p < 0.05$ , indica 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. Se incluyen los datos del contenido de calcio en mg/planta. D.S.= días desde el semillado. Dif.= diferencia en % entre la parte aérea y radical. N.S.= nivel de significación.



**Gráfico 59:** Evolución de la concentración en calcio aéreo y radical de *Pinus nigra* Arn.

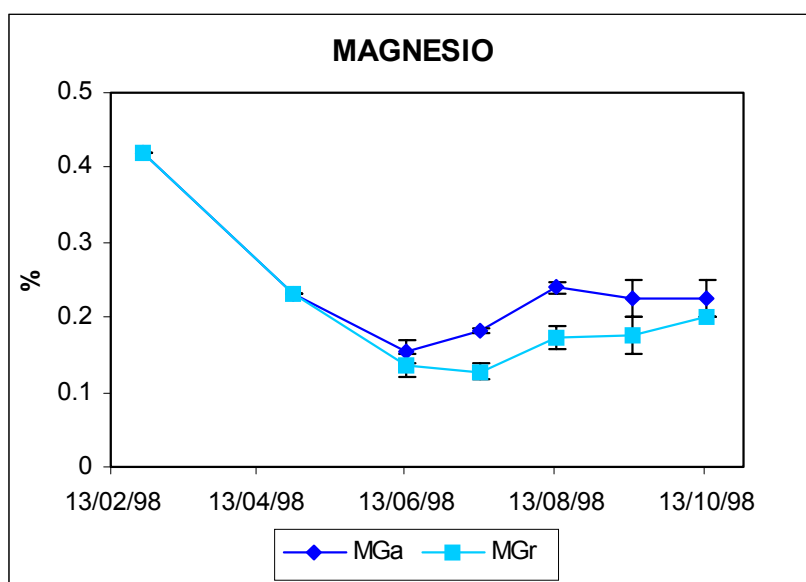
➤ **Magnesio:** concentración de Mg en % y contenido de Mg en mg/planta.

**Análisis de la Varianza de una vía:**

En la siguiente tabla aparecen los resultados de la ANOVAS de una vía para la variable *concentración de magnesio* con respecto a la *parte* para comprobar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las sucesivas extracciones.

Ext.	D.S.	Magnesio (%)				Magnesio (mg/planta)		
		<i>P.aérea</i>	<i>P.radical</i>	Dif.	N.S.	<i>P.aérea</i>	<i>P.radical</i>	Dif.
26-02-98	0	0.420		-	-	0.093		-
28-04-98	61	0.230		-	-	0.075		-
13-06-98	106	0.155	0.135	12.90	0.3980	0.249	0.131	47.38
13-07-98	136	0.182	0.127	30.21	0.0172	0.705	0.306	56.59
13-08-98	166	0.240	0.173	27.92	0.0090	1.284	0.641	50.07
13-09-98	196	0.225	0.175	22.22	0.2070	1.708	1.061	37.88
13-10-98	226	0.225	0.200	11.11	0.3560	2.274	1.638	27.96

**Tabla 62:** Análisis de la varianza de una vía de la variable *concentración de magnesio* con respecto a la *parte*, de la especie *Pinus nigra* Arn., en las sucesivas extracciones del ensayo. P = nivel de significación. Los valores con  $p < 0.05$ , indica 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. Se incluyen los datos del contenido de magnesio en mg/planta. D.S.= días desde el semillado. Dif.= diferencia en % entre la parte aérea y radical. N.S.= nivel de significación.



**Gráfico 60:** Evolución de la concentración de magnesio aéreo y radical de *Pinus nigra* Arn.



### **Discusión:**

- **Nitrógeno:**

En el caso de la evolución de concentración en nitrógeno, vemos que este presenta un comportamiento prácticamente igual en lo que respecta a la concentración de la parte aérea a la parte radical, siendo ligeramente superior la correspondiente a la parte aérea (en torno al 10 %).

Las concentraciones obtenidas son decrecientes a lo largo del cultivo, consecuencia del efecto de dilución de este elemento (TIMMER, 1991). La mayor reducción de la concentración de este nutriente, se produce en las fases iniciales del cultivo, dándose pérdidas del 29,90 % mensual entre el 26 de febrero y el 28 de abril, y del 30,56 % entre el 28 de abril y el 13 de junio con respecto a la parte aérea, y del 34,41 % con respecto a la parte radical. Este hecho es atribuible a las mayores necesidades de nitrógeno en la fase iniciales de crecimiento. A partir del 13 de agosto la concentración de nitrógeno en la parte aérea se estabiliza, mientras que sigue decreciendo hasta el 13 de septiembre en la parte radical. Al final del cultivo se aprecia un ligero aumento en la concentración este nutriente en ambas partes.

Con respecto al contenido total, se detecta una pérdida del 41 % el 28 de abril, con respecto al contenido en semillas. A partir de esta fecha los contenidos totales de nitrógeno en ambas partes, presentan una evolución creciente, siendo en todo caso mayor el contenido de este elemento en la parte aérea que en la parte radical.

- **Fósforo:**

Los valores del contenido en fósforo en tejido aéreo y radical evolucionan de manera decreciente, a lo largo del tiempo hasta el 13 de septiembre, donde apreciamos cierta recuperación de los niveles de este elemento, sin embargo las concentraciones de este elemento al final del cultivo se sitúan en niveles defectivos con respecto a las concentraciones propuestas por Landis para la parte aérea de coníferas en general, y por Oliet para la parte radical de *Pinus halepensis* Mill. En mayor descenso en fósforo esta localizado entre el 28 de abril y el 13 de junio, perdiéndose del orden de un 25 por ciento mensual. La causa mas lógica para este comportamiento, la encontramos en el importantísimo papel del fósforo durante la fase de establecimiento de la plántulas.

El análisis de la varianza aporta que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la parte aérea y la radical, con la excepción de la última extracción.

Si hacemos referencia a los contenidos totales tanto de la parte aérea como de la parte radical, vemos que estos son crecientes a lo largo de todo el cultivo, dándose los mayores incrementos de este elemento el 13 de junio (66 % en la parte aérea y 46 % en la parte radical), y el 13 de octubre (41 % en la parte aérea, y 50 % en la parte radical). Se observa que contenido en fósforo de la parte aérea es siempre superior al de la parte radical.



- **Potasio:**

La estrategia de esta especie con respecto al factor potasio presenta grandes semejanzas con *Pinus halepensis* Mill. Al igual que en la especie anterior *Pinus nigra* Arn., presenta concentraciones de potasio dentro de los rangos propuestos por Landis y Oliet.

De la evolución a lo largo del cultivo, podemos decir, que tras un fuerte descenso inicial de la concentración de este elemento (en torno a un 42 %) desde los contenidos en semillas al 28 de abril, en el caso de la parte aérea se produce un incremento del potasio hasta alcanza niveles similares a los de las semillas. Este incremento parece darse a costa de la disminución del potasio en el sistema radical, que pierde potasio sucesivamente hasta llegar a la deficiencia (-32.71 %; -13.88 %; y -72.58 %). Es decir que como en el caso de *Pinus halepensis* Mill., aquí también se produce un fenómeno de translocación del potasio desde el sistema radical a la parte aérea, y como en la especie anterior, también se revierte el proceso de translocación en la última extracción hasta llegar a un equilibrio en las concentraciones.

Del análisis de la varianza, solo decir, que las extracciones que presentan diferencias estadísticamente significativas son las que corresponden al verano.

Como en *Pinus halepensis* Mill., la evolución del contenido total presenta un ligero descenso el 28 de abril, coincidente con la bajada de concentración de potasio. A partir de ese momento en contenido de potasio en la parte aérea, tiende a aumentar hasta el final del cultivo, mientras que en la parte radical, si bien la evolución es similar, se produce un fuerte descenso del contenido en este nutriente de casi un 57 % el 13 de septiembre, hecho que coincide con la concentración mínima registrada. Posteriormente el contenido de potasio aumenta en la parte radical (al igual que la concentración), en un 86 %.

Como en *Pinus halepensis* Mill. en contenido total de este nutriente es mayor en la parte aérea.

- **Calcio:**

En el caso del nutriente calcio, vemos que las concentraciones de este elemento son significativamente diferentes (sobre todo en la fase central del cultivo) siendo mayor, durante prácticamente todo el cultivo la concentración de calcio presente en el sistema radical.

Al igual que en *Pinus halepensis* Mill., la concentración de este elemento, tanto en la parte aérea como en la parte radical, sigue una evolución creciente, dándose un descenso de dicha concentración en la parte radical al final del cultivo. Se han detectado que los niveles de calcio son excesivos, si tenemos en cuenta los rangos óptimos descritos por Landis para la parte aérea de coníferas en general, y por Oliet para la parte radical de *Pinus halepensis* Mill.

Con respecto a los contenidos totales, estos son crecientes a lo largo del cultivo, y como en *Pinus halepensis* Mill., vemos que aumentos en el calcio radical se corresponden con descensos del potasio radical. En general los contenidos en calcio de la parte radical son superiores a los de la parte aérea.



- **Magnesio:**

El comportamiento de las concentraciones de magnesio de la parte aérea y de la parte radical presenta una evolución prácticamente idéntica a la registrada para *Pinus halepensis* Mill., dándose una interacción negativa entre el calcio aéreo y el magnesio aéreo.

Como en *Pinus halepensis* Mill., esta especie se comporta de manera similar entre sus respectivas partes, dándose en todo momento mayores concentraciones de magnesio en el sistema radical que en la parte aérea, y como en la anterior especie, en *Pinus nigra* Arn., también observamos que al final del cultivo los niveles de magnesio tienden a igualarse, siendo excesivos con respecto a las concentraciones propuestas por Landis para la parte aérea de coníferas en general, y por Oliet para la parte radical de *Pinus halepensis* Mill.

Con respecto a los contenidos totales, vemos que tras un leve descenso en el contenido en magnesio, la evolución que siguen tanto la parte aérea, como la parte radical, es creciente, dándose los mayores incrementos el 13 de julio, coincidiendo con los mayores descensos del contenido en potasio. Por último, destacar que el contenido en magnesio de la parte aérea es siempre superior al de la parte radical.