

**Niveles foliares de nutrientes en
parcelas de clones de
Populus x euramericana y
*Populus x interamericana***

José L. Bengoa
Jesús Rueda

2001



**Junta de
Castilla y León**

Consejería de Fomento y Medio Ambiente
Dirección General del Medio Natural

© Junta de Castilla y León.

El contenido de este documento no es vinculante para el posicionamiento institucional de la Junta de Castilla y León.

Publicado en las actas del I Simposio del Chopo. Zamora, 2001.

Este trabajo se basa en el estudio "Análisis de los niveles foliares en parcelas de ensayo de clones de *Populus x euramericana* y *P. x interamericana*" elaborado por J. L. Bengoa, J. Miguel, R. Cabo y M. Sánchez (ITAGRA) para la Junta de Castilla y León y en el informe "Red de parcelas de ensayo de clones de chopos en Castilla y León" realizado por J. Rueda (Junta de Castilla y León).

Cita recomendada: Bengoa J.L., Rueda J., (2001). Niveles foliares de nutrientes en parcelas de clones de *Populus x euramericana* y *Populus x interamericana*. Consejería de Fomento y Medio Ambiente, Junta de Castilla y León. Valladolid. 24 pp.

Introducción

El Departamento del Chopo de Castilla y León ha dispuesto una red de parcelas de ensayo de clones de *Populus x euramericana* y *P. x interamericana* repartidas por toda la Comunidad Autónoma de Castilla y León. En cada una de estas parcelas se han plantado varios clones con el objeto de comparar sus crecimientos y poder valorar, de esta forma, en qué situaciones mesológicas se desarrolla mejor cada uno de los clones ensayados.

Las distintas características mesológicas de estas parcelas se reflejan no sólo en los diferentes ritmos de crecimiento, sino también en otros aspectos como el que es objeto de este estudio, que es la concentración de los distintos nutrientes en las hojas.

El análisis foliar ha sido utilizado, tanto en el campo agrícola como en el forestal, como un instrumento para estudiar el estado nutritivo de las plantas. Las investigaciones más controladas son las realizadas en vivero, en donde todos los factores del crecimiento son más o menos conocidos y donde los resultados de la investigación tienen aplicaciones bastante inmediatas. En campo y, especialmente, en el medio forestal, la variabilidad ambiental y la complejidad del muestreo son mayores, lo que hace que los resultados sean, en general, menos concluyentes (Binkley, 1993).

El grado de desarrollo de las técnicas relativas a los análisis foliares es bastante bajo en el campo forestal. En España, las especies más estudiadas en este sentido son las del género *Eucalyptus* para las que se han publicado varios artículos en los últimos años (Brañas *et al.*, 2000; Español *et al.*, 2000; González-Río *et al.*, 1997, González Esparcia *et al.*, 1985, etc.). También hay algunos trabajos con *Pinus radiata* (Lachica *et al.*, 1978; Quintanilla, 1973, etc.). En la bibliografía científica los trabajos relacionados con los análisis foliares en el campo forestal suelen estar dirigidos a los viveros (Carter, 1986; Ingestad, 1979; Benzian y Smith, 1973; Ingestad, 1959). En el caso de las choperas de producción, la literatura científica es bastante escasa, y este trabajo pretende empezar a suplir la carencia existente en este campo dando algunos valores orientativos de niveles foliares y avanzando en la metodología de muestreo.

Objetivos

Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

- Disponer de valores medios y rango de variación de los niveles foliares de varios nutrientes para algunos clones de *Populus x euramericana* y *P. x interamericana* en las parcelas de ensayo estudiadas.
- Avanzar en una metodología de muestreo para obtener estimaciones fiables de los niveles foliares.
- Estudiar la variación de los niveles foliares a lo largo del periodo vegetativo.
- Analizar las diferencias existentes entre clones y parcelas.
- Estudiar la relación entre los niveles foliares encontrados y el crecimiento de los clones.

Material y métodos

La toma de muestras foliares se ha llevado a cabo en la red de parcelas de ensayo de clones de chopos de la Junta de Castilla y León citada anteriormente. Las parcelas responden a un diseño experimental en bloques completos aleatorios, formados por dos o tres bloques o repeticiones, cada uno de ellos con tantas subparcelas o unidades experimentales como clones se ensayan en la parcela. Cada unidad experimental consiste en un cuadrado de 25 ejemplares de un mismo clon, formando un cuadrado de 5 x 5 individuos dispuestos a marco real de 5x5, 5x6 o 6x6 m. Estas unidades están separadas entre sí por una línea de árboles del clon 'I-214' destinada a amortiguar las diferentes influencias de cada subparcela sobre las contiguas. El número total de subparcelas o unidades experimentales en cada parcela es igual al número de clones por el número de repeticiones.

El trabajo realizado en campo consistió en la recogida de muestras de hojas para posteriormente llevarlas al laboratorio. La toma de muestras se hizo con una pértiga, recogiendo hojas situadas aproximadamente a dos tercios de la altura total del árbol. Las muestras se tomaron según distintas orientaciones (N, S, E y O) para compensar la posible influencia de este factor.

Todas las muestras han seguido el mismo tratamiento para su análisis (Métodos Oficiales de Análisis de plantas).

Variación estacional y espacial

La toma de muestras foliares para la estimación del tamaño muestral y para el estudio de la variabilidad estacional se ha llevado a cabo en Palenzuela (Palencia). En esta parcela se ensayan seis clones y está formada por dos bloques, cada uno de ellos con seis unidades experimentales, de forma que el número total de subparcelas o unidades experimentales es de doce.

Para estudiar la variación de los niveles foliares dentro de la parcela y la precisión del método, se seleccionó el clon 'I-214'. En septiembre se tomaron 12 muestras de este clon (seis de una subparcela y seis de la otra). En este caso, cada muestra consta de 4 ramillos extraídos de un mismo árbol.

Para estudiar la evolución temporal de los contenidos foliares a lo largo del periodo vegetativo, se tomaron muestras de los clones 'I-214' (*Populus x euramericana*) y 'Raspalje' (*Populus x interamericana*) entre los meses de mayo y octubre, con una periodicidad aproximadamente mensual. Cada muestra estaba formada por 12 ramillos recogidos de forma sistemática de diversos árboles de cada subparcela.

Diferencias entre clones y parcelas y relación con los crecimientos

Para la estimación de las diferencias existentes entre clones y parcelas y de la relación entre niveles foliares de nutrientes y crecimiento de los clones se han tomado muestras en las siguientes parcelas: Celadilla del Río (Palencia), Gradefes (León), Manganeses de la Polvorosa (Zamora), Muñoveros (Segovia), Palenzuela (Palencia), San Cristóbal de Entreviñas (Zamora), Santa Colomba de las Monjas (Zamora), Villamelendo (Palencia), Villaturde (Palencia) y Zamadueñas (Valladolid). Del total de clones presentes en dichas parcelas, para el presente estudio se seleccionaron los siguientes (se indica entre paréntesis el número de parcelas en las que está presente cada clon): 'I-214' (10), 'Luisa Avanzo' (10), 'MC' (10), 'Raspalje' (7), 'Tripló' (6) y 'Flevo' (5). Como se puede comprobar, en algunas parcelas se encontraban estos seis clones, mientras que en otras sólo estaban presentes algunos de ellos.

En cada parcela se cogió una muestra por cada clon a lo largo del mes de septiembre y primeros de octubre, formada por 24 ramillos recogidos de forma sistemática entre los ejemplares del clon. Cada ramillo consistía en la parte final de una rama lateral del árbol de 50-100 cm de longitud.

Variación estacional y espacial

Resultados

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en el estudio de la variación del contenido de nutrientes dentro de la parcela de Palenzuela. En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en el estudio de la variación del contenido de nutrientes a lo largo del periodo vegetativo en la misma parcela.

Tabla 1. Nutrientes en muestras repetidas de un mismo clon en una misma parcela (contenidos foliares en %)

Subparcela	Nº árbol	Nutrientes					
		N	P	K	Ca	Mg	Fe
A	1	2,43	0,15	0,99	2,16	0,36	0,00779
	2	2,40	0,16	0,84	2,88	0,35	0,00755
	3	2,15	0,12	0,75	2,61	0,38	0,00390
	4	2,14	0,13	0,82	2,83	0,35	0,00703
	5	2,24	0,12	0,95	2,43	0,30	0,00968
	6	2,35	0,13	0,86	2,76	0,38	0,00975
B	1	2,58	0,13	0,81	1,84	0,28	0,00455
	2	2,72	0,14	0,75	1,89	0,37	0,00694
	3	2,49	0,13	0,75	1,88	0,26	0,00420
	4	2,28	0,11	0,61	2,03	0,29	0,00422
	5	2,37	0,09	0,59	1,35	0,23	0,00330
	6	2,36	0,11	0,64	1,50	0,29	0,00429

Tabla 2. Nutrientes en distintas muestras tomadas a lo largo del periodo vegetativo (contenidos foliares en %)

Subparcela	Fecha	Nutrientes					
		N	P	K	Ca	Mg	Fe
Clon I-214 Subparcela A	15/06/99	2,78	0,26	1,63	1,36	0,23	0,00550
	30/06/99	2,56	0,14	0,89	1,45	0,20	0,00508
	16/07/99	2,47	0,19	1,41	2,18	0,37	0,00348
	25/08/99	2,35	0,13	1,40	2,87	0,48	0,01360
	27/09/99	2,29	0,14	0,87	2,61	0,35	0,00762
Clon I-214 Subparcela B	15/06/99	2,78	0,26	1,63	1,36	0,23	0,00550
	30/06/99	2,77	0,19	1,05	1,00	0,16	0,00407
	16/07/99	2,55	0,20	1,47	1,50	0,34	0,00855
	25/08/99	2,42	0,21	0,81	1,76	0,43	0,00474
	27/09/99	2,47	0,12	0,69	1,75	0,29	0,00458
Clon Raspalje Subparcela A	15/06/99	2,80	0,25	1,31	1,08	0,26	0,00667
	30/06/99	2,33	0,13	1,00	1,43	0,19	0,00537
	16/07/99	2,30	0,22	1,26	1,89	0,30	0,00830
	25/08/99	1,86	0,10	1,01	2,10	0,34	0,01210
	27/09/99	1,87	0,12	0,70	2,74	0,42	0,00622
Clon Raspalje Subparcela B	15/06/99	2,80	0,25	1,31	1,08	0,26	0,00667
	30/06/99	2,16	0,13	0,86	1,74	0,22	0,00596
	16/07/99	2,00	0,16	1,19	2,22	0,36	0,00335
	25/08/99	1,84	0,09	0,99	2,78	0,44	0,01090
	27/09/99	1,87	0,12	0,70	2,74	0,42	0,00622

Discusión y conclusiones

Acerca de la variación observada y la precisión en las estimaciones

Los resultados obtenidos permiten disponer de una estimación de la variación encontrada en los niveles foliares para el clon estudiado. La varianza obtenida se debe a dos fuentes de variación:

- Diferencias en contenidos foliares (entre distintos pies y entre diferentes posiciones del ramillo).
- Error analítico (representatividad del alícuota analizada y desviaciones varias a lo largo del proceso).

Con la muestra considerada en este trabajo no es posible separar ambas fuentes de variación. La separación de las dos causas de error permitiría seleccionar uno de los siguientes frentes para disminuir el mencionado error residual:

- Incrementar el número de muestras o reducir el ámbito muestral para disminuir las causas de variación (recogida de muestras en condiciones más determinadas).
- Mejorar el trabajo de laboratorio.

Los estimadores de las desviaciones típicas permiten estimar el tamaño muestral más adecuado para que el error obtenido se considere admisible. Por ejemplo, si se desea que el error en la estimación del nivel foliar sea inferior al 10% con un nivel de confianza del 95%, el tamaño muestral necesario, obtenido de forma independiente para cada nutriente se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Tamaño muestral necesario para que el error relativo en la estimación del nivel del nutriente correspondiente sea del 10% con un nivel de confianza del 95%

Clon y subparcela	Nutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	Fe
Clon I-214 Subparcela A	4	9	7	7	6	33
Clon I-214 Subparcela B	5	12	9	12	13	30

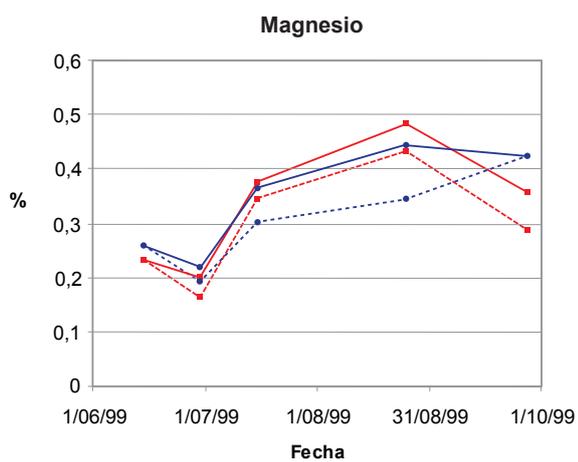
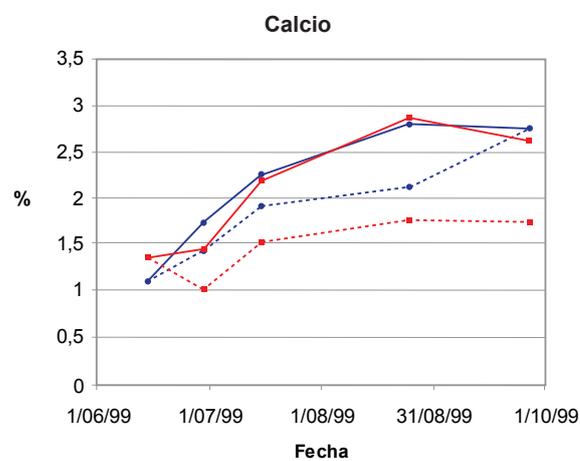
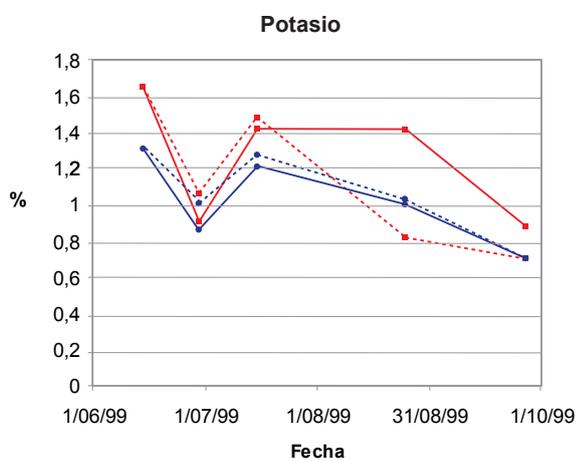
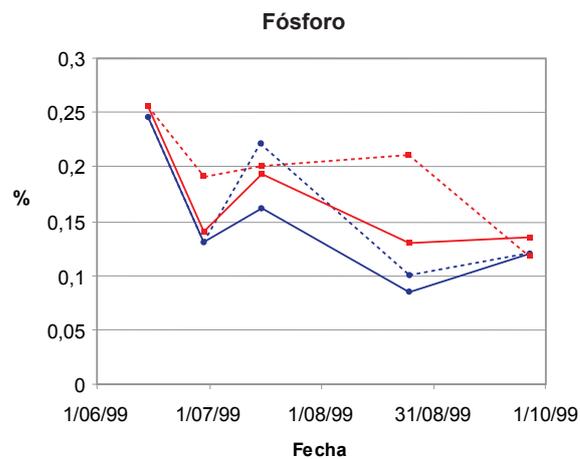
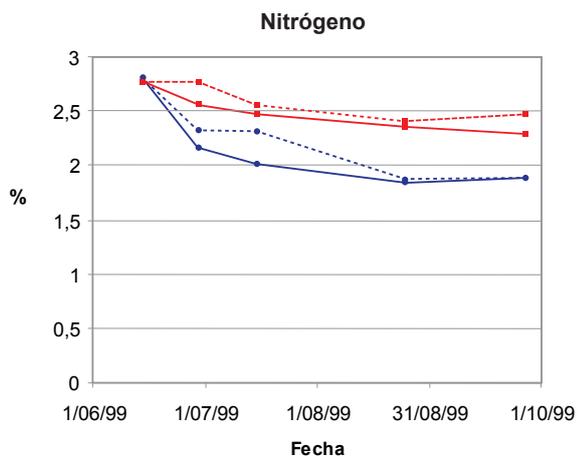
Como puede observarse, los resultados obtenidos a partir de ambas subparcelas son bastante coherentes e indican que, para los principales macronutrientes, un tamaño muestral cercano a las 6-10 muestras puede ser adecuado en la mayor parte de los casos (no así para el hierro). No obstante, hay que hacer una matización. Normalmente no será necesario analizar las muestras por separado, como se hace en este ensayo, sino que se pueden reunir todos los ramillos de la parcela en una sola muestra y realizar un único análisis. Si la manipulación de la muestra es adecuada, ésta será representativa de las que la componen y las promediará adecuadamente, reduciendo de esta forma la varianza de las muestras individuales. Sin embargo, de esta forma sólo se reduce una de las fuentes de variación, que es la debida a las diferencias entre árboles y ramillos, pero no la relacionada con la manipulación en laboratorio.

La dispersión detectada en los niveles de hierro puede hacer recomendable tomar muestras mayores o mejorar algunos de los pasos de selección o manipulación de la muestra expuestos en este trabajo.

Es deseable conocer el margen de error asociado a la manipulación de la muestra en el laboratorio para optimizar el trabajo de campo. Para ello, es recomendable repetir varias veces el análisis de una o unas determinadas muestras (en distintas fechas), con objeto de estimar la dispersión.

Acerca de la evolución de los niveles de nutrientes durante el periodo vegetativo

En las siguientes figuras se muestran gráficamente los resultados obtenidos en las series de análisis realizadas a lo largo del periodo vegetativo para los clones 'I-214' y 'Raspalje', analizando las muestras de cada una de las dos subparcelas de cada clon por separado. En consecuencia, se obtienen cuatro series de datos para cada nutriente.



- I-214 (A)
- - - ■ - - I-214 (B)
- Raspalje (A)
- - - ● - - Raspalje (B)

Figura 1. Variación estacional y espacial de los niveles foliares

A la vista de estos resultados, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio tienen una tendencia decreciente a lo largo del periodo vegetativo.
- Los niveles de calcio y magnesio muestran tendencias crecientes a lo largo del periodo vegetativo.
- Los niveles de hierro parecen presentar unos valores más o menos estables; en el caso de que haya una tendencia creciente o decreciente, la dispersión de los datos impide apreciarla de forma concluyente.
- Dichos niveles son más estables durante la segunda mitad del periodo vegetativo (agosto-septiembre). Esta circunstancia hace recomendable la toma de muestras en esta época del año que, por lo tanto, debe utilizarse como referencia.
- Las diferencias entre los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio entre junio y septiembre son claramente significativas: al final del periodo vegetativo se alcanzan niveles que pueden situarse entre el 80% y el 50% de los niveles encontrados en junio.
- El nivel de nitrógeno tiende hacia valores de 2,0%-2,5% con una apreciable diferencia entre los dos clones estudiados, alcanzándose niveles mayores en 'I-214' que en 'Raspalje'. Dichas diferencias se mantienen en varias muestras tomadas en diferentes momentos del periodo vegetativo.
- El nivel de fósforo tiende hacia valores de 0,10%-0,15%, existiendo una ligera diferencia entre los clones, alcanzándose niveles algo mayores en 'I-214' que en 'Raspalje'. La dispersión de los valores es mayor que con el nitrógeno y, por lo tanto, las diferencias no son tan claras. No obstante, también se mantienen en varias muestras tomadas en diferentes momentos del periodo vegetativo.
- El nivel de potasio tiende hacia valores de 0,8%-1,0%, pudiendo existir una ligera diferencia entre los clones, alcanzándose niveles algo mayores en 'I-214' que en 'Raspalje'. La dispersión de los valores hace que estas diferencias estén bastante enmascaradas y sean poco claras.
- Los niveles de calcio presentan valores cercanos a 1,0%-1,5% en junio y se duplican hasta alcanzar 2,0%-3,0% en septiembre. El clon que tiende hacia niveles más altos es 'Raspalje', aunque la dispersión de los datos impide estimar diferencias concluyentes.
- Los niveles de magnesio y de hierro presentan una tendencia ligeramente ascendente, acercándose al final del periodo vegetativo hacia valores de 0,3%-0,4% para el magnesio y 0,004%-0,008% para el hierro (este último presenta una elevada dispersión). No se presentan diferencias apreciables entre clones.

Diferencias entre clones y parcelas

Resultados

En las tablas 4 a 9 se presentan los contenidos de nutrientes en los diferentes clones en cada parcela.

Tabla 4. Contenido de nitrógeno en distintos clones y parcelas (contenidos foliares en %)

Parcela	Clon					
	I-214	MC	Triplo	Luisa Avanzo	Flevo	Raspalje
Palenzuela	2,31	2,48		2,31		1,87
Santa Colomba	2,14	2,02	2,12	2,04	2,07	1,62
Zamadueñas	2,13	1,84		1,97		1,88
Celadilla del Río	2,20	1,94		1,80		
Muñoveros	1,81	1,71	1,97	1,88	1,86	2,06
Manganeses	2,07	2,11		1,13		
Villaturde	1,76	1,58	1,77	1,72		
Gradefes	1,62	1,77	1,71	1,52	1,82	1,57
San Cristóbal	1,34	1,82	1,89	2,04	1,15	1,49
Villamelendro	1,98	1,57	1,37	1,94	1,70	1,30

Tabla 5. Contenido de fósforo en distintos clones y parcelas (contenidos foliares en %)

Parcela	Clon					
	I-214	MC	Triplo	Luisa Avanzo	Flevo	Raspalje
Palenzuela	0,13	0,14		0,15		0,12
Santa Colomba	0,12	0,11	0,11	0,14	0,12	0,13
Zamadueñas	0,12	0,10		0,09		0,11
Celadilla del Río	0,13	0,12		0,08		
Muñoveros	0,08	0,08	0,10	0,09	0,07	0,12
Manganeses	0,14	0,11		0,12		
Villaturde	0,11	0,09	0,11	0,08		
Gradefes	0,19	0,11	0,11	0,13	0,09	0,10
San Cristóbal	0,09	0,09	0,11	0,12	0,09	0,10
Villamelendro	0,08	0,09	0,06	0,08	0,09	0,11

Tabla 6. Contenido de potasio en distintos clones y parcelas (contenidos foliares en %)

Parcela	Clon					
	I-214	MC	Triplo	Luisa Avanzo	Flevo	Raspalje
Palenzuela	0,78	0,85		0,81		0,70
Santa Colomba	0,71	0,66	0,71	0,86	0,69	0,55
Zamadueñas	0,58	0,59		0,57		0,67
Celadilla del Río	0,94	0,60		0,66		
Muñoveros	0,27	0,22	0,49	0,22	0,26	0,45
Manganeses	0,54	0,38		0,34		
Villaturde	0,44	0,32	0,41	0,23		
Gradefes	0,81	0,75	0,97	0,86	0,70	0,93
San Cristóbal	0,51	0,38	0,61	0,52	0,61	0,40
Villamelendo	0,70	0,69	0,69	0,71	0,81	0,73

Tabla 7. Contenido de calcio en distintos clones y parcelas (contenidos foliares en %)

Parcela	Clon					
	I-214	MC	Triplo	Luisa Avanzo	Flevo	Raspalje
Palenzuela	2,18	2,32		2,21		2,74
Santa Colomba	1,89	1,89	1,42	0,98	2,72	2,20
Zamadueñas	3,76	1,68		3,14		4,62
Celadilla del Río	1,29	1,55		0,97		
Muñoveros	2,02	3,33	1,80	1,14	1,99	2,07
Manganeses	2,24	2,19		1,66		
Villaturde	4,88	3,72	3,04	2,57		
Gradefes	1,41	1,19	1,05	2,06	1,82	1,82
San Cristóbal	2,39	2,36	1,68	1,46	3,80	3,25
Villamelendo	2,35	2,77	2,03	2,36	3,74	3,36

Tabla 8. Contenido de magnesio en distintos clones y parcelas (contenidos foliares en %)

Parcela	Clon					
	I-214	MC	Triplo	Luisa Avanzo	Flevo	Raspalje
Palenzuela	0,32	0,34		0,41		0,42
Santa Colomba	0,37	0,41	0,29	0,32	0,43	0,43
Zamadueñas	0,68	0,56		0,50		0,41
Celadilla del Río	0,21	0,33		0,26		
Muñoveros	0,60	1,00	0,41	0,82	0,84	0,66
Manganeses	0,39	0,45		0,39		
Villaturde	0,36	0,35	0,35	0,33		
Gradefes	0,18	0,20	0,17	0,28	0,16	0,23
San Cristóbal	0,31	0,34	0,29	0,31	0,39	0,41
Villamelendo	0,16	0,19	0,15	0,18	0,17	0,18

Tabla 9. Contenido de hierro en distintos clones y parcelas (contenidos foliares en %)

Parcela	Clon					
	I-214	MC	Triplo	Luisa Avanzo	Flevo	Raspalje
Palenzuela	0,00733	0,00760		0,00474		0,00622
Santa Colomba	0,00500	0,00690	0,00538	0,00637	0,00472	0,00733
Zamadueñas	0,00517	0,00500		0,00517		0,00562
Celadilla del Río	0,00785	0,00798				
Muñoveros	0,00388	0,00227	0,00557	0,00257	0,00255	0,00219
Manganeses	0,00570	0,00618		0,00524		
Villaturde	0,00661	0,00713	0,00558	0,00744		
Gradefes	0,00526	0,00345	0,00324	0,00965	0,00710	0,00812
San Cristóbal	0,00650	0,00570	0,00743	0,00729	0,00762	0,00634
Villamelendro	0,00359	0,00406	0,00420	0,00530	0,00397	0,00449

Discusión y conclusiones

Valores medios y rangos de variación

En las siguientes tablas se presentan los valores medios estimados para cada nutriente, así como algunos indicadores de los rangos observados. En la figura 2 se representan las diferencias entre clones y la dispersión entre parcelas para los distintos nutrientes.

Tabla 10. Valores medios y rangos de los niveles foliares (contenidos foliares en %)

Nutriente	Media	Rango clones ¹		Rango parcelas ²	
Nitrógeno	1,83	1,65	1,94	1,62	2,24
Fósforo	0,107	0,096	0,119	0,085	0,131
Potasio	0,604	0,544	0,680	0,347	0,837
Calcio	2,40	1,80	3,07	1,47	3,58
Magnesio	0,370	0,285	0,417	0,172	0,722
Hierro	0,00584	0,00556	0,00622	0,00317	0,0068 ¹

El rango de los clones se obtiene promediando parcelas y el rango de las parcelas, promediando clones. ¹ Excluida la parcela de Celadilla del Río para la que se dispone de sólo dos valores. ² Para el clon 'I-214' en Gradefes se ha obtenido un 0,190% de P, pero este resultado se considera poco probable. No se ha podido repetir el análisis, por lo que se mantiene el valor, aunque se considere improbable.

Tabla 11. Parcelas y clones con los valores más altos y más bajos de cada nutriente (contenidos foliares en %)

Nutriente	Valores bajos	Valores altos
Nitrógeno	Flevo en San Cristóbal y Luisa Avanzo en Manganeses (1,1%)	I-214, MC y Luisa Avanzo en Palenzuela (2,3-2,5%)
Fósforo	Triplo en Villamelendro (0,060%)	Luisa Avanzo en Palenzuela (0,150%)
Potasio	MC en Muñoveros (0,220%)	Triplo en Gradefes (0,970%)
Calcio	Luisa Avanzo en Santa Colomba y en Celadilla del Río (0,97-0,98%)	I-214 en Villaturde (4,88%) y
Magnesio	³	Flevo en Zamadueñas (4,62%)
Hierro	Casi todos los clones presentan en alguna parcela niveles que se salen de estos rangos debido a la elevada dispersión de los datos	

³ En la parcela con nivel más bajo de magnesio (Villamelendro) todos los clones dan niveles similares (0,15-0,19%).

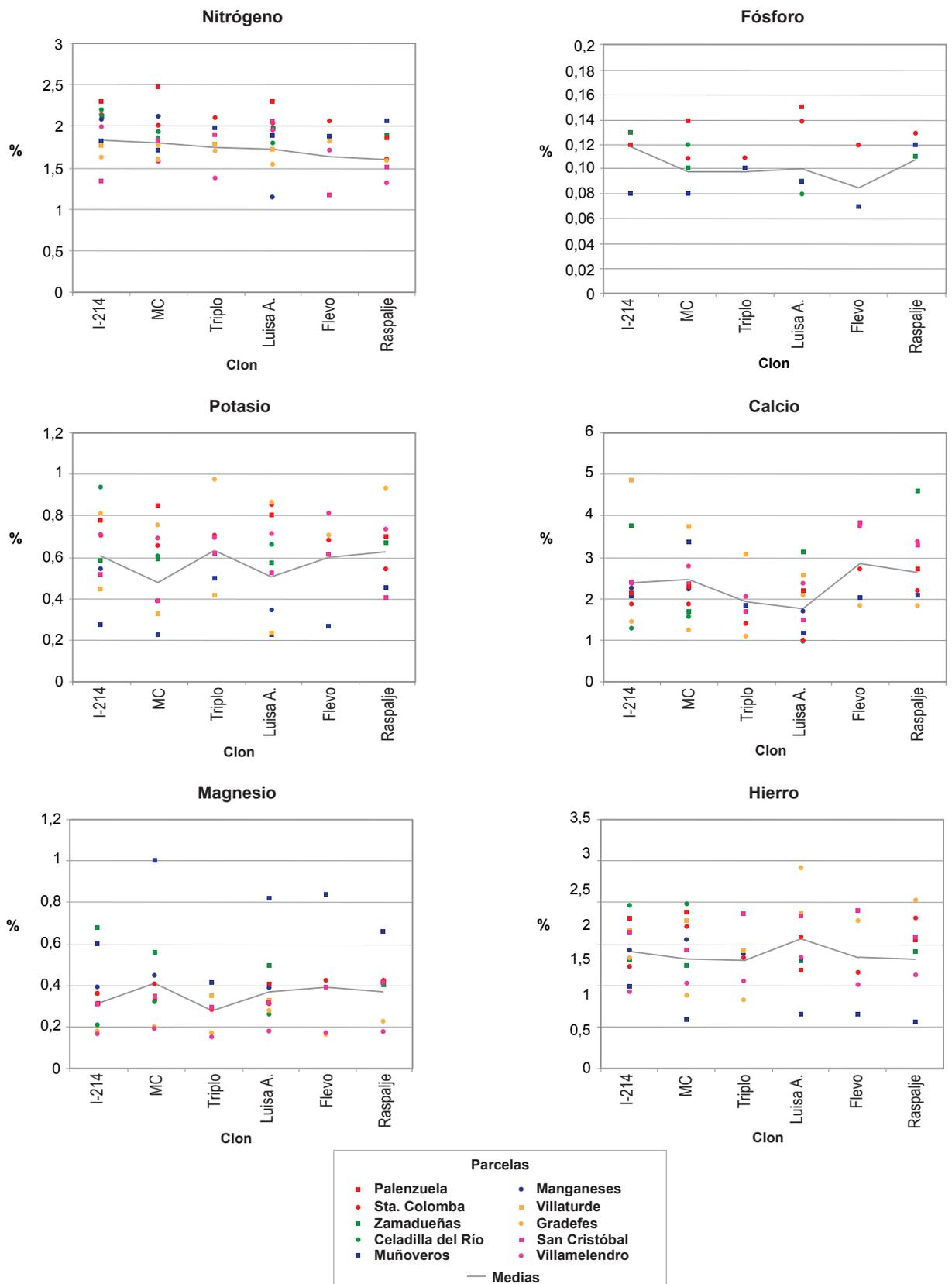


Figura 2. Niveles foliares para distintos clones y variación entre parcelas

Diferencias entre clones

- Únicamente se aprecian diferencias significativas en el nivel de nitrógeno entre el clon que presenta el nivel más alto ('I-214', con 1,94% de media) y el que da el más bajo ('Raspalje', con 1,65% de media). Los demás clones presentan niveles intermedios; si los ordenamos en orden decreciente: 'I-214', 'Triplo', 'MC', 'Luisa Avanzo', 'Flevo' y 'Raspalje' presentando éste último niveles claramente más bajos que los demás clones.
- Existen diferencias significativas al 95% en el nivel de fósforo entre 'I-214' (presenta el nivel más alto, con 0,119% de media) y 'Flevo' (da el nivel más bajo, con 0,096% de media). Los demás clones presentan niveles intermedios; en orden decreciente: 'I-214', 'Raspalje', 'Luisa Avanzo', 'Triplo', 'MC' y 'Flevo' (éste último con niveles claramente más bajos que los demás).
- Existen diferencias significativas al 95% en el nivel de potasio entre el clon que presenta el nivel más alto ('Triplo', con 0,680% de media) y los que dan niveles más bajos ('MC' con 0,544% de K y 'Luisa Avanzo' con 0,578% de K). Los demás clones presentan niveles intermedios. En orden decreciente: 'Triplo', 'I-214', 'Flevo', 'Raspalje', 'Luisa Avanzo' y 'MC', presentando el primero y el último niveles netamente diferenciados de los demás clones.
- Los clones 'Flevo' y 'Raspalje' presentan niveles de calcio claramente más altos que los demás (3,07% y 2,92% de Ca, respectivamente), significativamente distintos (al 95%) de los que presentan los clones 'Triplo' (1,80% de Ca), 'Luisa Avanzo' (1,85% de Ca) y 'MC' (2,30% de Ca). El clon 'I-214' presenta un nivel intermedio de calcio (2,44%).
- Existen diferencias significativas entre los niveles de magnesio del clon 'Triplo' (0,285% de Mg) y buena parte de los demás clones ('Luisa Avanzo', 'Flevo' y 'MC' con 0,380%, 0,406% y 0,417% de Mg, respectivamente). De hecho, todos los clones menos el mencionado 'Triplo' se encuentran en un intervalo relativamente pequeño (0,358-0,417% de Mg).
- No existen diferencias significativas entre los niveles de hierro de los distintos clones.

Diferencias entre parcelas

- La parcela de Palenzuela, que es la que presenta niveles más altos de nitrógeno (2,25%), es significativamente distinta a buena parte de las demás parcelas (Muñoveros; Manganeses; Villaturde; Gradefes; San Cristóbal y Villamelendo) con un 95% de confianza. Las parcelas que presentan niveles más bajos de nitrógeno son Manganeses; Villaturde; Gradefes; San Cristóbal y Villamelendo con niveles que se sitúan entre 1,6 y 1,7%. Las parcelas de Santa Colomba, Zamadueñas y Celadilla del Río presentan niveles intermedios que se sitúan entre 1,9% y 2,0%. En la parcela de Villamelendo, se da la circunstancia de que algunos clones como 'I-214' y 'Luisa Avanzo' presentan niveles relativamente altos de nitrógeno (1,9-2,0%), mientras que el resto presentan niveles relativamente bajos. En la parcela de San Cristóbal, los clones que presentan niveles altos son 'MC', 'Triplo' y 'Luisa Avanzo' (1,8-2,0%), mientras que los demás quedan en niveles relativamente bajos.
- La parcela de Palenzuela, que es la que presenta niveles más altos de fósforo (0,131%), es significativamente distinta a buena parte de las demás parcelas (Zamadueñas, Muñoveros; Villaturde; San Cristóbal y Villamelendo) con un 95% de confianza. Las parcelas que presentan niveles más bajos de fósforo son Muñoveros y Villamelendo, con niveles que se sitúan entre 0,085 y 0,090%. También presentan niveles relativamente bajos Zamadueñas, Celadilla del Río, Villaturde y San Cristóbal (entre 0,096 y 0,107%).
- Las diferencias de niveles de fósforo entre parcelas se mantienen para la mayor parte de los clones, con algunas excepciones. En concreto, el clon 'Raspalje' no presenta diferencias apreciables entre parcelas y, por ejemplo, presenta niveles similares en las parcelas de

Palenzuela y Muñoveros. 'Triplo' también presenta niveles muy parecidos en todas las parcelas (0,10-0,11%) excepto en la de Villamelendro, en la que da valores anormalmente bajos (0,06%). Respecto a 'Luisa Avanzo' conviene resaltar que presenta niveles particularmente bajos en Celadilla del Río (parecidos a los de Villaturde y Villamelendro, que son las parcelas con niveles más bajos).

- Hay tres parcelas que presentan niveles de potasio más bajos que las demás (Muñoveros, Manganeses y Villaturde con 0,318%, 0,441% y 0,347% de K respectivamente), significativamente diferentes de casi todas las restantes parcelas (excepto San Cristóbal, que presenta niveles relativamente bajos: 0,505% de K). Las parcelas con niveles más altos son Gradefes y Palenzuela, con 0,837% y 0,803% de K, respectivamente.
- Las diferencias de niveles de potasio entre parcelas se mantienen de forma bastante consistente en todos los clones. Como excepciones cabe citar que el clon 'Luisa Avanzo' en Santa Colomba presenta niveles relativamente altos (0,86% de K, igual que en Gradefes, que es la parcela con mayores niveles de potasio) o que los clones 'Triplo' y 'Raspalje' presentan niveles aceptables (0,490% y 0,450% de K respectivamente) en Muñoveros que es la parcela con niveles más bajos de este macronutriente.
- Las parcelas de Villaturde (3,85% de Ca) y Zamadueñas (3,32% de Ca) presentan niveles de calcio significativamente más bajos que casi todas las demás (Celadilla del Río, Gradefes, Santa Colomba, Muñoveros, Manganeses, Palenzuela y San Cristóbal con 1,47%, 1,56%, 1,85%, 2,06%, 2,22%, 2,38% y 2,49% de Ca, respectivamente).
- Las diferencias de niveles de calcio entre parcelas se mantienen de forma bastante consistente en todos los clones. Como excepciones cabe citar que el clon 'MC' en Zamadueñas, que es una de las parcelas con niveles altos de este elemento, presenta niveles relativamente bajos (1,68% de Ca) y sin embargo, en Muñoveros, que no se caracteriza por niveles altos de calcio, presenta un 3,33%. El clon 'Flevo' en Santa Colomba y 'Luisa Avanzo' en Gradefes también presentan niveles relativamente altos, dentro de estas parcelas
- La parcela de Muñoveros (0,722% de Mg) presenta niveles de magnesio significativamente distintos de todas las demás. La de Zamadueñas (0,525% de Mg) también destaca sobre el resto por su nivel de magnesio. En el extremo opuesto, las parcelas de Gradefes y Villamelendro (0,203% y 0,72% de Mg, respectivamente) presentan los niveles más bajos de este nutriente.
- Las diferencias de niveles de magnesio entre parcelas se mantienen de forma muy consistente para todos los clones.
- La parcela de Muñoveros (0,00317% de Fe) presenta niveles de hierro significativamente distintos de casi todas las demás: Zamadueñas (0,00515% de Fe), Manganeses (0,00570% de Fe), Santa Colomba (0,00595% de Fe), Gradefes (0,00614% de Fe), Palenzuela (0,00638% de Fe), Villaturde (0,00676% de Fe), San Cristóbal (0,00681% de Fe) y Celadilla del Río (0,00810% de Fe).
- Las diferencias de niveles de hierro entre parcelas no se mantienen de forma consistente para todos los clones. Únicamente la parcela de Muñoveros presenta unos niveles de hierro relativamente bajos para casi todos los clones salvo para el clon 'Triplo').

Otras conclusiones

- Las diferencias entre parcelas son más significativas que entre clones.
- Con un tamaño muestral de 6-10 muestras por clon se ha obtenido un error relativo que se sitúa entre el 8 y el 11% para el nitrógeno, entre el 12 y el 16% para el fósforo, entre el 10 y el

14% para el potasio, entre el 16 y el 21% para el calcio, entre el 15 y el 21% para el magnesio y entre el 14 y el 21% para el hierro. Estos porcentajes únicamente pretenden ser orientativos, ya que se han calculado como si las parcelas fueran una muestra aleatoria simple del clon. Se ha denominado error relativo a la semiamplitud del intervalo de confianza del 95% para la media, expresado como porcentaje de la media.

- En el caso del hierro, estos rangos de error impiden detectar diferencias entre clones. En los demás casos, son suficientes para detectar diferencias entre clones.

Comparación con los crecimientos

Resultados

Los resultados obtenidos en los niveles foliares se recogen en el apartado "diferencias entre clones y parcelas". Los resultados obtenidos en la medición de crecimientos se recogen en la Tabla 12. En ella se presenta el diámetro normal medio de los pies de cada clon en cada una de las parcelas cuando éstas tenían tres años de edad. Como no todas las parcelas tienen la misma fecha de plantación, estos datos corresponden a diferentes años de medida. Las diferentes condiciones meteorológicas de unos y otros años podrían condicionar en parte los crecimientos, aunque no se considera que ello condicione las conclusiones.

Tabla 12. Diámetro normal medio a los tres años de edad, de los pies de cada clon en cada una de las parcelas (en cm)

Parcela	Clon					
	I-214	MC	Triplo	Luisa Avanzo	Flevo	Raspalje
Palenzuela	9,01	8,73		9,02		6,52
Santa Colomba	11,81	12,95	11,37	14,73	10,78	9,93
Zamadueñas	9,40	10,82		12,51		7,76
Celadilla del Río	6,72	8,71		10,01		
Muñoveros	10,86	10,72	9,17	12,29	7,31	5,60
Manganeses	10,27	11,85		12,80		
Villaturde	9,82	9,80	9,04	10,65		
Gradefes	5,78	7,08	4,72	7,92	4,48	3,68
San Cristóbal	9,10	7,84	8,75	10,05	6,49	5,26
Villamelendro	8,03	8,50	5,03	9,52	5,56	5,49

Discusión y conclusiones

Diferencias de crecimiento entre clones y parcelas

Los diámetros medidos en las distintas parcelas y clones permiten hacer un primer análisis con objeto de valorar las diferencias de crecimiento entre clones y entre parcelas. Dicho análisis de la varianza puede llevarse a cabo con los tres clones presentes en las diez parcelas, en cuyo caso el experimento corresponde a un diseño en bloques completos, de forma que cada bloque es una

parcela y la variable estudiada es el crecimiento de cada clon en la parcela (dicho crecimiento se obtiene promediando todos los árboles de dicho clon en la parcela). También se obtiene un diseño en bloques completos si se consideran todos los clones, pero se seleccionan las cinco parcelas en las que todos ellos están presentes. Por último, la consideración de todos los clones y todas las parcelas da lugar a un diseño en bloques incompletos ya que algunos clones no están presentes en algunas parcelas. Los resultados que se obtienen en los distintos análisis de la varianza son consistentes entre sí. En las siguientes gráficas se visualizan las diferencias entre clones y parcelas para el análisis con los seis clones y las diez parcelas.

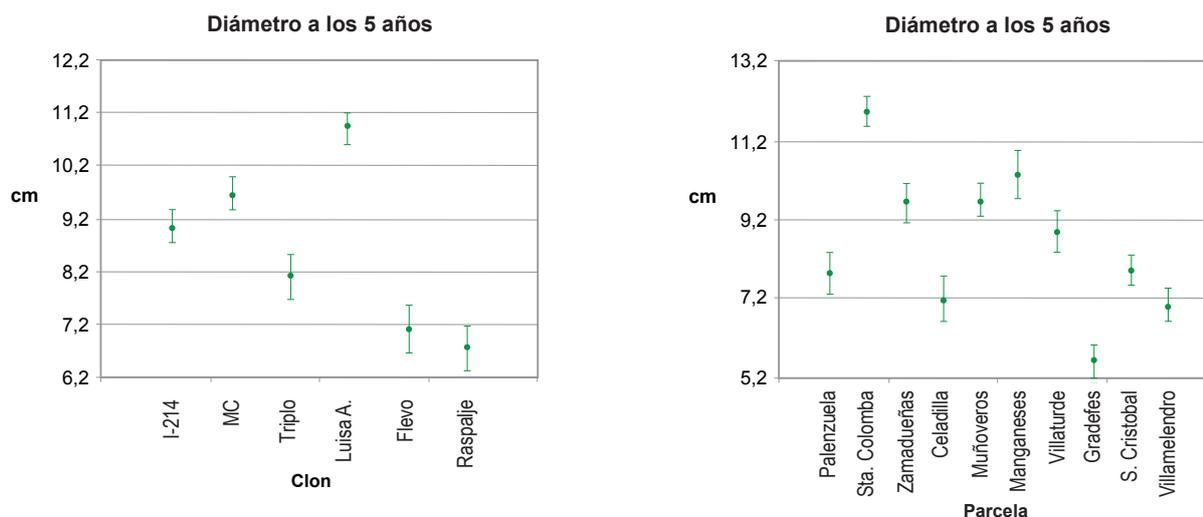


Figura 3. Diferencias entre clones y parcelas

A la vista de los análisis de la varianza realizados se concluye lo siguiente:

- Existen diferencias significativas entre el crecimiento de los distintos clones, entre los que destaca 'Luisa Avanzo' con un diámetro medio de 10,9 cm (a los 3 años). También presentan buenos crecimientos los clones 'MC' (9,7) e 'I-214' (9,0 cm). En el extremo opuesto está el clon 'Raspalje', que presenta un diámetro medio de 6,7 cm a los 3 años. En concreto, este clon presenta un comportamiento muy malo en la parcela de Gradefes (3,7 cm).
- También existen diferencias significativas entre parcelas. La que mejores crecimientos presenta es la de Santa Colomba con un diámetro medio de 11,9 cm. En esta parcela, incluso el clon 'Raspalje' presenta crecimientos bastante aceptables. También es en esta parcela donde se presentan los mejores crecimientos de los distintos clones ('Luisa Avanzo' alcanza los 14,7 cm)
- En el otro extremo está la parcela de Gradefes, con un crecimiento medio de 5,6 cm. En esta parcela, ningún clon tiene buenos crecimientos. Otras parcelas con crecimientos relativamente bajos (7,0-7,9 cm) son San Cristóbal, Villamelendro, Palenzuela y Celadilla del Río. El resto (Zamadueñas, Muñoveros, Manganeses y Villaturde) presentan crecimientos intermedios (8,9-10,3 cm).
- No se aprecian, visualmente, interacciones claras entre las parcelas y los clones. Es decir, en las parcelas malas, todos los clones crecen poco y, viceversa, en las buenas todos los clones tienen buen comportamiento. Apenas hay ligeras desviaciones a esta norma:
 - El clon 'Triplo' presenta un comportamiento particularmente malo en Villamelendro (5,0 cm), casi tan malo como en Gradefes.

- En lo que respecta a 'I-214', muestra un crecimiento particularmente bajo en Celadilla del Río (6,7 cm) aunque esta es una parcela con un crecimiento medio aceptable. Sin embargo en Muñoveros (parcela que también se considera de crecimientos intermedios) tiene un comportamiento particularmente bueno (10,9 cm), al igual que 'MC' y 'Luisa Avanzo' y al contrario que 'Raspalje'.

Relación entre los niveles foliares y el crecimiento

En la Tabla 13 se presentan los coeficientes de correlación entre el diámetro normal a los tres años de edad y la concentración foliar media de cada nutriente, considerando un dato por cada parcela (total, 10 datos).

Tabla 13. Coeficiente de correlación de Pearson entre el diámetro a los 3 años de edad y los distintos niveles foliares (un dato por cada parcela)

	Nutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	Fe
Coefficiente de correlación	0,2836	0,0764	-0,4863	0,1646	0,6041	-0,176

Considerando un dato de crecimiento medio y de niveles foliares por cada parcela y nutriente (promediando clones), se obtiene una correlación positiva significativa entre el nivel de magnesio y el diámetro medio a los 3 años ($R^2=36\%$). Considerando dos variables explicativas (dos nutrientes) los mejores resultados se obtienen con nitrógeno y potasio ($R^2=48\%$). Con tres variables explicativas (N, P y K) se alcanza el 51% de varianza explicada. Con más de tres variables explicativas se mejoran muy poco los resultados (téngase en cuenta que el número de datos considerados en la regresión es muy pequeño; $N=10$). En la Figura 4 se muestra gráficamente algunas de estas relaciones.

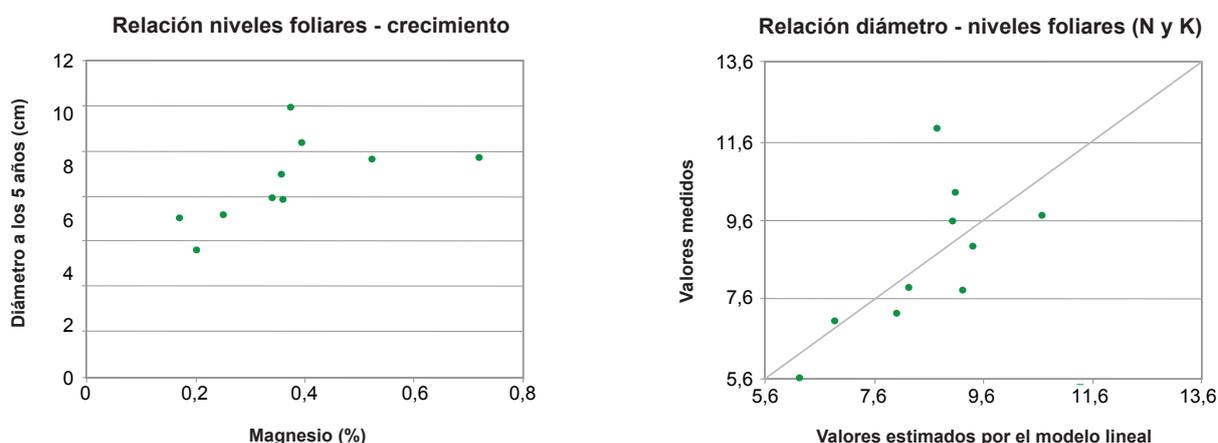


Figura 4. Relación entre niveles foliares y crecimiento

Sorprendentemente, en las regresiones, el potasio, presenta coeficiente negativo, ya que tiene una correlación negativa con el crecimiento. Por tratarse de un resultado no esperado, esto requiere una reflexión adicional:

- Las cuatro parcelas con peores crecimientos (Gradefes, Villamelendo, Celadilla del Río y Palenzuela) son las que tienen niveles más altos de potasio, lo cual condiciona bastante la regresión.

- Esto no implica que el bajo crecimiento sea consecuencia de la acumulación de potasio en hoja. Acaso, la relación causa-efecto podría ser la inversa.
- En cualquier caso, lo que sí refleja es que una parcela puede presentar niveles relativamente bajos de potasio y, sin embargo, mostrar crecimientos aceptables o buenos (caso de Muñoveros, con 0.32% de K) o, mejor dicho, los niveles foliares encontrados en las parcelas (superiores a 0.3%) parecen suficientes para los clones estudiados.
- No se aprecia ninguna relación entre el nivel de potasio en hoja y el potasio cambiante en el suelo (ver figura 5), por lo que el elevado nivel de potasio en hoja de las parcelas con peores crecimientos puede deberse a una acumulación de potasio ligada al bajo crecimiento (poca biomasa foliar) que puede calificarse de consumo de lujo.

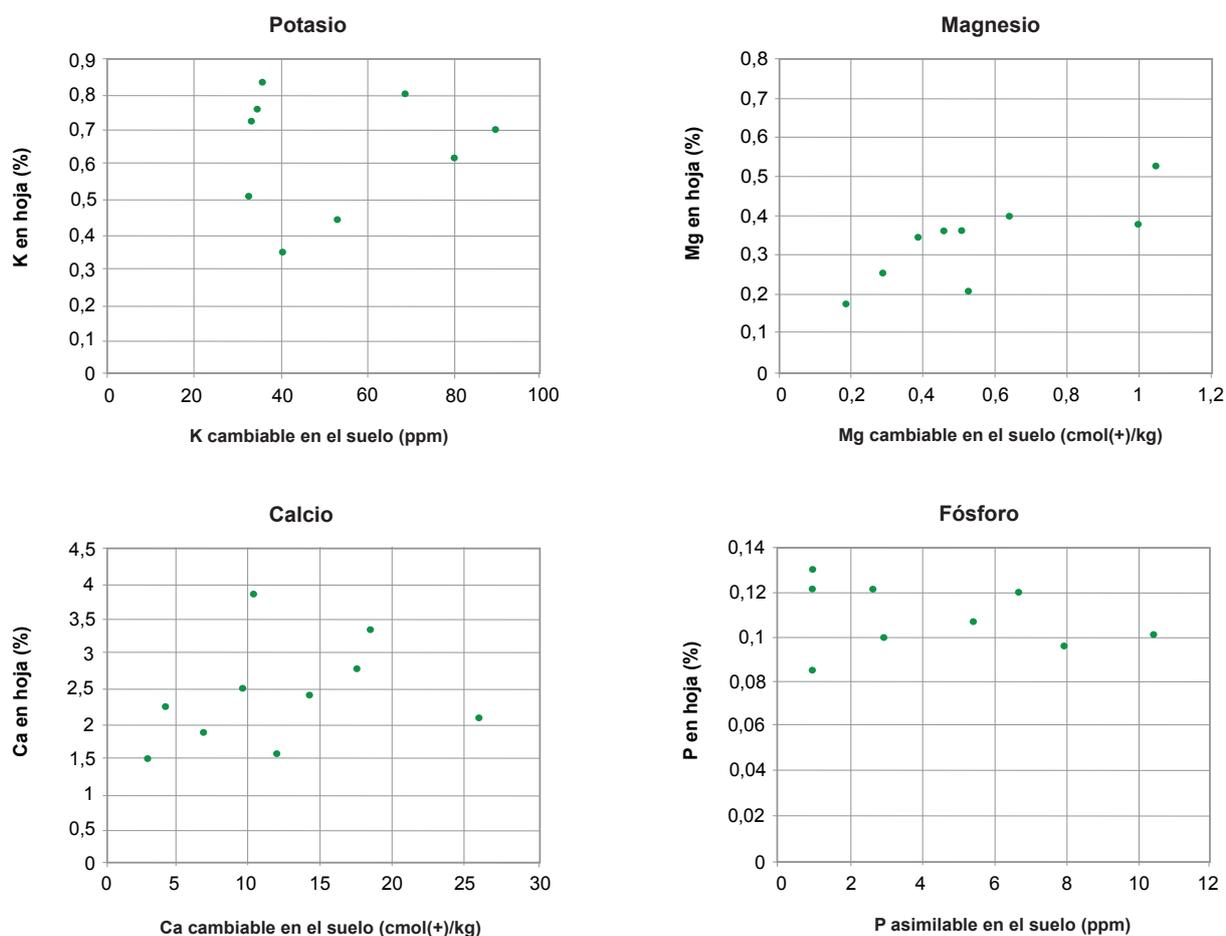


Figura 5. Relación entre niveles cambiables o asimilables en suelo y niveles foliares

Todas estas observaciones se consideran verosímiles teniendo en cuenta que las funciones del potasio en la planta están ligadas fundamentalmente a los equilibrios osmóticos; normalmente las deficiencias en este nutriente se manifiestan en una debilidad frente a agentes nocivos como son las heladas o las enfermedades. Aunque son moderados o bajos, los niveles de potasio en suelo parecen suficientes en todas las parcelas y, de hecho, las heladas y enfermedades no son un problema importante en las parcelas estudiadas.

Lo que se ha comentado para el potasio no ocurre con otro catión como el magnesio. La correlación con el crecimiento es claramente positiva (téngase en cuenta que es un importante componente de la clorofila) y además se aprecia una cierta correlación positiva entre el magnesio en hoja y el magnesio cambiante en el suelo. En el campo hortícola, las respuestas a la fertilización de magnesio suelen desaparecer cuando hay más de 0,4 cmol(+)/kg (en algunos cultivos este límite se reduce a 0,2 cmol(+)/kg) (Wild, 1992), lo que induce a pensar que los chopos son relativamente exigentes en este nutriente.

Por su parte, aún cuando los suelos no son ricos en potasio, no parece que las choperas dependan en exceso de este nutriente, lo que lleva a pensar que presentan cierta frugalidad para este macronutriente. Todas estas conclusiones no dejan de ser propuestas ya que están avaladas por un número bastante limitado de datos. Por lo tanto, sería deseable que se contrastaran con otros trabajos llevados a cabo en otras parcelas y otras zonas.

A pesar de lo comentado sobre las relaciones entre el crecimiento y los niveles foliares, debe señalarse que hay una parcela, la de Santa Colomba, que se diferencia netamente de las demás: aunque cuenta con los mejores crecimientos, no presenta niveles altos de magnesio ni niveles bajos de potasio (presenta niveles intermedios de ambos nutrientes). Ello lleva a pensar que son otros factores de crecimiento los que dan lugar a los buenos crecimientos de Santa Colomba. Entre ellos puede estar el nivel de nitrógeno, aunque no parece ser éste el único factor que dé lugar a los buenos crecimientos de esta parcela. Ninguno de los factores estudiados se revela de forma clara en este sentido.

En lo que respecta al nitrógeno, se aprecia una ligera correlación positiva con el crecimiento, aunque hay parcelas con buenos niveles de nitrógeno en hoja que presentan crecimientos muy mediocres (como la de Palenzuela, con 2,25% de N y un diámetro medio de 7,8 cm a los 3 años). Y viceversa, hay parcelas con buenos crecimientos y niveles normales de nitrógeno (como Manganeses, con 1,72% de N y un diámetro medio de 10,3 cm a los 3 años). Este nutriente no presenta una relación clara con ninguna propiedad edáfica (ni siquiera con el porcentaje de materia orgánica).

El nivel de fósforo en hoja no presenta una relación clara ni con el crecimiento ni con su disponibilidad en suelo. Parece que un nivel foliar de 0,08-0,10% es suficiente para los clones estudiados.

El nivel de calcio en hoja tampoco presenta una relación clara con el crecimiento. En cambio, sí mantiene una cierta relación con el nivel de calcio cambiante en suelo y de carbonatos y caliza activa también en suelo. En este sentido hay una parcela (Villaturde) que presenta un porcentaje de calcio en hoja particularmente alto (con niveles que van de 2,6 a 4,9% según clones) y, sin embargo, no hay carbonatos en suelo, el pH es ligeramente ácido y el calcio cambiante es medio (10 cmol(+)/kg). No se ha encontrado una explicación a este hecho. En cambio la parcela de Muñoveros, que parece tener una pequeña proporción de caliza y tiene calcio cambiante elevado, presenta un nivel de calcio en hoja intermedio. En este caso, parece que dicha caliza (1-3%) está en forma de arena y no tiene una influencia apreciable sobre la nutrición de este elemento. La cantidad de calcio cambiante está sobreestimada con toda probabilidad, habida cuenta de la capacidad de intercambio catiónico del suelo (por disolución de parte de la caliza durante la extracción del calcio).

Las diferencias en los niveles foliares de los distintos clones hace recomendable llevar a cabo estos análisis de forma individual para cada uno de ellos. A continuación se analizan los resultados obtenidos para cada clon. En la Tabla 14 se presentan los coeficientes de correlación obtenidos para cada clon.

Tabla 14. Coeficiente de correlación de Pearson entre el diámetro a los 3 años de edad y los distintos niveles foliares (un dato por cada parcela) por separado para cada clon

Clon	Nutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	Fe
I-214	0,16	-0,50	-0,63	0,30	0,63	-0,28
MC	0,18	-0,07	-0,30	0,14	0,50	0,14
Triplo	0,86	0,53	-0,56	0,19	0,77	0,67
Luisa Avanzo	-0,09	-0,05	-0,26	-0,38	0,37	-0,43
Flevo	0,43	0,63	-0,16	0,01	0,45	-0,34
Raspalje	0,20	0,77	-0,33	0,22	0,30	0,10

La correlación negativa entre el crecimiento y el nivel de potasio se presenta en todos los clones, aunque sólo es elevada ($<-0,5$) en el caso de los clones 'I-214' y 'Triplo'. Por lo tanto, se consideran válidos los comentarios anteriormente expuestos para este nutriente.

La correlación positiva entre el crecimiento y el magnesio también se presenta para todos los clones y, especialmente, para 'I-214', 'MC' y 'Triplo'. Por lo tanto, se consideran válidos los comentarios anteriormente expuestos para este nutriente.

Respecto al nitrógeno, la correlación positiva se presenta en cinco de los seis clones y sólo es evidente para 'Triplo'. Este resultado también parece coherente con lo expuesto anteriormente.

Respecto al fósforo, los resultados son muy diferentes para los distintos clones estudiados. Para 'I-214' se obtiene una correlación negativa, aunque está muy condicionada por un solo valor. Para 'Triplo', 'Flevo' y 'Raspalje', se obtienen correlaciones positivas, aunque sólo en 'Raspalje' parece significativa la correlación y no motivada por un solo punto.

El calcio y el hierro presentan en casi todos los casos coeficientes de correlación muy bajos.

La estimación de los coeficientes de correlación, utilizando un valor por cada clon, está destinada a comprobar si crecen más o menos los clones que presentan niveles más altos o más bajos de uno o unos determinados nutrientes. Por lo tanto no hace referencia a las diferencias de crecimiento como consecuencia de los factores del medio. En este análisis se observa una correlación negativa entre el crecimiento y el nivel de calcio y positiva con el nivel de nitrógeno. En los dos extremos de esta escala se encuentra el clon 'Raspalje', que suele presentar bajos crecimientos con niveles altos de calcio y bajos de nitrógeno y el clon 'Luisa Avanzo' al que le ocurre lo contrario.

Por último, se ha estudiado la correlación entre niveles foliares y crecimientos, utilizando los valores de los niveles foliares y crecimientos de cada clon en cada parcela, es decir, sin tener en cuenta el clon al que pertenece cada subparcela. En la Tabla 15 se presentan los coeficientes de correlación obtenidos (N=48).

Tabla 15. Coeficiente de correlación de Pearson entre el diámetro a los 3 años de edad y los distintos niveles foliares (un dato por cada parcela)

	Nutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	Fe
Coefficiente de correlación	0,3086	0,0716	-0,3652	-0,1147	0,379	0,0093

Con estos datos no se obtienen buenas correlaciones para ninguno de los nutrientes. Las más elevadas son las correlaciones positivas con el magnesio (0,38) y con el nitrógeno (0,31) y la correlación negativa con el potasio (-0,36). Todo ello refleja la importancia de considerar el diferente comportamiento de los clones a la hora de valorar los niveles foliares.

Bibliografía

- Bengoa J.L., Miguel J., (1999). Caracterización edáfica de las parcelas de *Populus x euramericana* y *P. x interamericana*. ITAGRA – Junta de Castilla y León.
- Benzian B., Smith H.A., (1973). Nutrient concentrations of healthy seedlings and trasplants of *Picea sitchensis* and other conifers grown in English forest nurseries. *Forestry* 46(1): 55-69.
- Binkley D., (1993). Nutrición forestal. Prácticas de manejo. Limusa, Mexico.
- Brañas J., González-Río F., Merino A. (2000). Contenido y distribución de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus globulus* del noroeste de la Península Ibérica. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 9(2): 318-325.
- Carter M.R., (1986). Mineral composition and growth of Colorado Spruce (*Picea pungens*) seedlings under calcareous soil conditions. *Plant and Soil* 94: 341-348.
- Español E., Zas R., Vega G., (2000). Contenidos foliares en macro y micronutrientes en nueve especies de *Eucalyptus* en el noroeste español. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 9(2): 209-217.
- González Esparcia E., Penalva Rodriguez F., Gómez Altamirano C., (1985). Exigencias nutritivas del *Eucalyptus globulus* en el suroeste español comparadas con otras especies. *Anales del INIA, serie forestal* 9: 63-74.
- González Esparcia E., Penalva Rodriguez F., Rodríguez Fernández V., Gómez Altamirano C., (1985). Concentración foliar de nutrientes en *Eucalyptus globulus* según el tratamiento fretilizante y época de su aplicación. *Anales del INIA, serie forestal* 9: 47-56.
- González-Río F., López J., Astorga R., Castellanos A., Fernández O., Gómez C., (1997). Fertilización y control de la vegetación accesoria en plantaciones de eucalipto. *Comunicaciones II Congreso Forestal Español, tomo 3: 271-275.*
- Ingestad T., (1959). Studies in the nutrition of forest tree seedlings. II Mineral nutrition of Spruce. *Physiologia Plantarum* 12: 568-593
- Ingestad T., (1979). Mineral nutrient requirements of *Pinus silvestris* and *Picea abies* seedlings. *Physiologia Plantarum* 45(4): 373-380.
- Lachica M., Kosche R., González O., (1978). El *Pinus radiata* D. Don en Chile. Determinación de los índices nutritivos óptimos en plántulas. *Anal. Edaf. Agrob.* XXXVIII(II).
- Quintanilla P., (1973). Abonado del Pino Insignis. Publicaciones de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Wild A. (coord.), (1992). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Mundi-Prensa, Madrid.



colección de documentos técnicos
para una gestión forestal sostenible



**Junta de
Castilla y León**

Consejería de Fomento y Medio Ambiente
Dirección General del Medio Natural