

# VARIACIÓN ESTACIONAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES FOLIARES EN PARCELAS DE ENSAYO DE CLONES DE *POPULUS X EURAMERICANA* Y *P. X INTERAMERICANA*

José L. Bengoa (1) & Jesús Rueda (2)

(1) ITAGRA – Equipo de apoyo al Plan Forestal de Castilla y León  
[jbengoam@nexo.es](mailto:jbengoam@nexo.es)

(2) Junta de Castilla y León  
[Jesus.Rueda@cma.jcyl.es](mailto:Jesus.Rueda@cma.jcyl.es)

## RESUMEN

En este trabajo se analiza la variación del contenido foliar de varios nutrientes, a lo largo del período vegetativo, en dos clones de chopo: I-214 (*Populus x euramericana*) y Rascalje (*Populus x interamericana*). Se observa que los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio tienen una tendencia decreciente a lo largo del período vegetativo. En cambio los niveles de calcio y magnesio muestran tendencias crecientes. También se han recogido muestras repetidas en una misma fecha y se han analizado de forma separada. Los resultados obtenidos permiten estimar la dispersión de niveles foliares que se obtienen dentro de una parcela aparentemente homogénea (considerando un único clon). Se estima que muestras obtenidas reuniendo las hojas de unos 10 ramillos de diferentes árboles y orientaciones podrían ser suficientes para tener resultados aceptables, suficientemente representativos de la parcela. En la fiabilidad de los resultados también juega un papel importante, el margen de error asociado a la manipulación en laboratorio, que debe ser conocido en términos estadísticos.

**PALABRAS CLAVE:** Chopo, I-214, Rascalje, *Populus x euramericana*, *Populus x interamericana*, niveles foliares.

## SUMMARY

In this paper, variation in nutrient levels and change during vegetative period are analyzed. Two poplar clons are studied: I-214 (*Populus x euramericana*) y Rascalje (*Populus x interamericana*). Nitrogen, phosphorus and potassium levels show a decrease tendency while calcium and magnesium show incremental tendencies. Also, repeated measurements of leaf nutrient levels are obtained to estimate their variation. Almost ten shoots of different trees and orientations are enough in many sites for estimating leaf nutrient levels with an admissible confidence. Also an advice about quantification of laboratory errors is given.

**KEY WORDS:** Poplar, I-214, Rascalje, *Populus x euramericana*, *Populus x interamericana*, nutrient levels.

## 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 refleja 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 & 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.

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.
- Estudiar la variación de los niveles foliares a lo largo del periodo vegetativo.
- Avanzar en una metodología de muestreo para obtener estimaciones fiables de los niveles foliares.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

La toma de muestras foliares se ha llevado a cabo en Palenzuela (Palencia). La parcela está compuesta por varias subparcelas consistentes, cada una de ellas, en un cuadrado de 25 ejemplares de un mismo clon, formando un cuadrado de 5 x 5 individuos dispuestos a marco real con una separación de 6 metros entre árboles. Las subparcelas 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.

En la parcela hay seis clones, con dos subparcelas de cada clon, de forma que el número total de subparcelas o unidades experimentales es doce. Esta

parcela responde a un diseño experimental en bloques aleatorios, formados por dos bloques, cada uno de ellos con seis unidades experimentales (seis clones).

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.

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 (ramillos dispuestos en distintas orientaciones).

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, dispuestos según las 4 orientaciones.

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

## RESULTADOS

En la **Tabla 1 REF** se presentan los resultados obtenidos, en el estudio de la variación del contenido de nutrientes dentro de la parcela de Palenzuela. En la **¡Error!Argumento de modificador desconocido.** 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 ¡Error!Argumento de modificador desconocido.. Nutrientes en muestras repetidas de un mismo clon en una misma parcela (contenidos foliares en %)**

Subparcela	Nutriente						
	Nº árbol	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 ¡Error!Argumento de modificador desconocido.. Nutrientes en distintas muestras tomadas a lo largo del periodo vegetativo (contenidos foliares en %)**

Clon y Subparcela	Nutriente						
	Fecha	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 DE RESULTADOS 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 ambas 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		Nutriente					
		N	P	K	Ca	Mg	Fe
Clon I-214 Subparcela A	Tamaño muestral necesario	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 parcelas 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 es necesario 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.

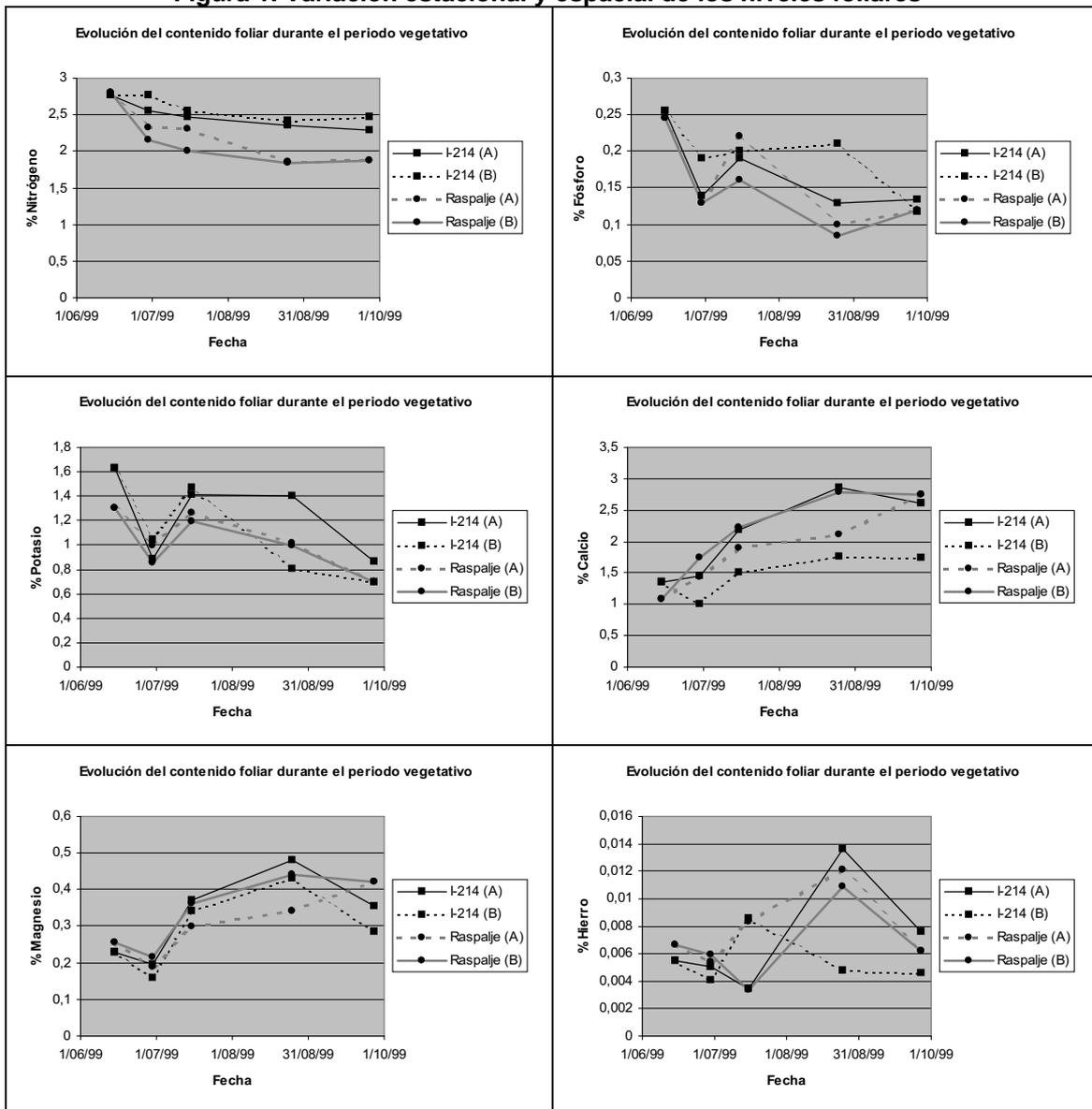
La dispersión detectada en los niveles de hierro puede hacer recomendable tomar muestras mayores y/o mejorar algunos de los pasos de selección o manipulación de la muestra expuestos en este trabajo.

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.

**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 el 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.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo se basa en el estudio titulado "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.

## **BIBLIOGRAFÍA**

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*, vol 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. Vol. 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. Vol. 9(2): 209-217.

GONZÁLEZ ESPARCIA, E.; PENALVA RODIRGUEZ, F. & GÓMEZ ALTAMIRANO, C. 1985. Exigencias nutritivas del *Eucalyptus globulus* en el suroeste español comparadas con otras especies. Anales del INIA, serie forestal nº 9: 63-74.

GONZÁLEZ ESPARCIA, E.; PENALVA RODIRGUEZ, F.; RODRIGUEZ FERNÁNDEZ, V. & GÓMEZ ALTAMIRANO, C. 1985. Concentración foliar de nutrientes en *Eucalyptus globulus* según el tratamiento fertilizante y época de su aplicación. Anales del INIA, serie forestal, nº 9: 47-56.

GONZÁLEZ-RÍO, F; LÓPEZ, J.; ASTORGA, R. CASTELLANOS, A.; FERNÁNDEZ, O & GOMEZ, 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.