

**PARÁMETROS EDÁFICOS Y FOLIARES  
EN UNA MASA DE *Quercus robur* L.  
EN GALICIA (ESPAÑA)**

**M. J. ROZADOS LORENZO <sup>1</sup>, F. J. SILVA-PANDO <sup>1,2</sup>, M. ALONSO SANTOS <sup>1</sup>,  
M. F. IGNACIO QUINTEIRO <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Forestales. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia.  
Apdo. de Correos 127. 36080 Pontevedra. España  
rozados@inia.es

<sup>2</sup> Escola Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela.  
Campus de Lugo. 27002 Lugo. España

**RESUMEN**

Los objetivos de este trabajo son describir la composición química del suelo y de las hojas en una masa de roble (*Quercus robur* L.) en el noroeste peninsular a lo largo del período activo y realizar un análisis comparativo de la composición foliar y de los pigmentos de las hojas en función de su orientación en el árbol.

Los parámetros considerados fueron: C, N, P, K, Ca, Mg, pH, amonificación y nitrificación en el suelo y peso foliar específico (PFE), N, P, Ca, Mg, K, clorofilas a y b y carotenoides en las hojas. Se ha enfatizado en los procesos de amonificación y nitrificación en el suelo con el fin de conocer la dinámica del nitrógeno e identificar los factores ambientales relacionados con la misma.

Se observó que las hojas orientadas al sur tiene un mayor PFE que las orientadas al norte. Se aprecia una tendencia en las hojas de norte a presentar valores más altos de clorofila y carotenoides (por unidad de peso) y de clorofila (por unidad de superficie) y en las hojas de sur a mostrar concentraciones más elevadas de nutrientes, a excepción del fósforo, y relaciones clorofila a/b más altas. Del estudio realizado no se deduce una relación significativa entre la orientación de las hojas y su composición química.

La influencia de las condiciones ambientales en la dinámica del nitrógeno edáfico se manifiesta con una disminución de la relación C/N en junio y un aumento del pH en noviembre.

**PALABRAS CLAVE:** Clorofila  
Composición foliar  
Nutrientes edáficos  
Mineralización del nitrógeno  
*Quercus robur*

---

Recibido: 30-1-98  
Aceptado para su publicación: 24-11-99

## INTRODUCCIÓN

Con el fin de proporcionar decisiones racionales, la ordenación y manejo de los ecosistemas forestales ha de estar apoyada en un conocimiento profundo y suficiente del funcionamiento del bosque. Se ha demostrado que el ciclo y la asimilación de nutrientes son procesos críticos para el ecosistema forestal (Cole, 1995). La pérdida de nutrientes, la alteración de su ciclo y la captación de nutrientes por el árbol, o los desequilibrios en el contenido de nutrientes, se asocian con una disminución de la estabilidad y de la productividad del bosque (Nilsson *et al.*, 1995). Los factores climáticos también tienen una profunda influencia en el ciclo de los nutrientes de ecosistemas forestales, ejerciendo, en muchos casos, un papel determinante en el estado del mismo (García Arrese y Macías, 1993; Sparling, 1997). Un bosque no alterado por el hombre constituye, en sí mismo, un amplio bioensayo del estado nutricional de un lugar específico, en el espacio y en el tiempo. Son los estudios científicos básicos de los procesos fisiológicos desarrollados en un ecosistema los únicos extrapolables a otros paisajes y comparables con otros ecosistemas.

En este trabajo se expone la evolución temporal de la composición del suelo en un robleal gallego y las interrelaciones que se producen entre los procesos edáficos estudiados y los factores ambientales que conforman el ecosistema. En el estudio de las hojas, el objetivo es conocer su composición química y determinar la influencia de la orientación de las hojas en los macronutrientes y pigmentos para establecer criterios de muestreo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área experimental

La experiencia se desarrolló en la Sierra de Queixeiro, lugar de Os Cerqueiros, a orillas del río Eume (provincia de La Coruña), a 360 m de altitud. La zona está enclavada en la región Eurosiberiana, subregión V(VI) atlántica, en el piso colino, donde se desarrolla la serie colino-montana galaicoasturiana orocantábrica *Blechno spicanti-Querceto roboris sigmetum* de robledales acidófilos, faciación colina con *Laurus nobilis* (Rivas-Martínez, 1987).

El área está asentada sobre material de origen cámbrico (pizarras y esquistos), y el suelo corresponde al tipo tierra parda húmeda sobre rocas silíceas. El terreno presenta una pendiente del 40 % y orientación Oeste. El suelo, en la zona de muestreo, es poco profundo, apenas sobrepasa los 20 cm, con abundante afloramiento de material rocoso. La pedregosidad es muy abundante, presentando los suelos a lo largo del perfil un contenido elevado de material fragmentado.

La evolución de las variables microclimáticas de la zona durante el período de estudio se presentan en la Tabla 1.

La masa arbórea constituye un monte alto regular de *Quercus robur*, con algunos pies de *Castanea sativa*. El diámetro medio es 18,16 cm y la altura media de 11,63 m. El área basimétrica es de 18,69 m<sup>2</sup>/ha, con una densidad de 667 pies/ha. El sotobosque lo componen especies típicas de estas formaciones, destacando por su abundancia *Pyrus cordata* y *Crataegus monogyna*, entre las arbustivas abunda *Erica arborea*, *Ulex gallii*, *Vaccinium*

TABLA 1

**VALORES MEDIOS MENSUALES DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS DURANTE LA EXPERIENCIA. ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE MARCO DA CURRA (LA CORUÑA, ESPAÑA)**

*Monthly mean values of meteorological variables during the experience. Meteorological station located in Marco da Curra (La Coruña, Spain)*

1994	Tª media °C	Tª máx °C	Tª mín °C	Precipitación mm	Horas de sol
Mayo	13,3	18,2	8,5	153	161
Junio	16,0	21,8	10,3	38	290
Julio	17,8	23,1	12,5	15	252
Agosto	17,8	23,7	12,0	57	200
Septiembre	14,8	19,3	10,2	220	146
Octubre	14,2	19,0	9,4	177	123
Noviembre	11,7	16,6	16,6	124	126

*myrtilus* y *Rubus* sp. y en el grupo de las herbáceas *Pteridium aquilinum*, *Hedera helix*, *Asphodelus albus* y *Agrostis* gr. *capillaris*.

Se establecieron tres parcelas de 10 × 10 m, homogéneas respecto a la pendiente y a la altitud, dentro de un intervalo altitudinal de 10 m.

#### Muestreo y metodología analítica

El muestreo para análisis foliar fue único, y se realizó el 12 de mayo de 1994, correspondiendo esta fecha al estado de desarrollo inicial de crecimiento rápido, con presencia simultánea de hojas adultas, verdes, con la lámina totalmente expandida y hojas nuevas, recién expandidas, de coloración menos intensa (Sampson y Samisch, 1935; Díaz-Maroto *et al.*, 1993). Se recogieron hojas adultas, sanas, totalmente desarrolladas, del tercio superior del árbol, en cantidades similares en todos los árboles. Se muestrearon hojas de las caras sur y norte en tres árboles de cada una de las parcelas. Las hojas se introdujeron en bolsas de polietileno y se transportaron hasta el laboratorio en nevera portátil. Una vez en el laboratorio, se conservan a 4 °C no más de 24 h. Las hojas, una vez limpias con agua destilada y eliminado el nervio medio, se secan a 60 °C hasta peso constante para evitar alteraciones debidas a la humedad durante la conservación. Se muelen en molino de cuchillas y se envasan en frascos de vidrio color topacio hasta su posterior análisis, reservándose una submuestra fresca para el análisis de pigmentos que se realiza dentro de las 12 h siguientes a la recogida. Las hojas frescas, limpias y sin nervio medio, se cortan en discos de 5 mm de diámetro y se extraen 100 mg con acetona acuosa al 80 % v/v para la determinación de clorofilas y carotenoides. Paralelamente, en otra porción de la muestra, se realiza la determinación de la humedad por secado en estufa a 105 °C durante 5 h. Las clorofilas a y b y los carotenoides se determinan por lectura del extracto en un espectrofotómetro UV/VIS BECKMAN DU-60, empleando para el cálculo de las concentraciones las fórmulas de Lichtenthaler y Wellburn (1983).

Para el análisis foliar se emplea la metodología de vía seca en las muestras molidas. El nitrógeno total se determinó por el método semi-micro Kjeldahl. La humedad residual en la muestra envasada se determinó por secado a 105 °C durante 5 h, y las cenizas por calcinación en mufla a 500 °C durante 4-5 h. El calcio y el magnesio se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica y el potasio por espectrofotometría de emisión, en un espectrofotómetro Perkin Elmer 603. El fósforo se determinó colorimétricamente por el método de la sulfito-hidroquinona (A.O.A.C. 1975) mediante lectura en un espectrofotómetro Uvispek.

Inicialmente, el experimento fue diseñado para conocer la evolución anual de la composición del suelo, pero la entrada de ganado en las parcelas de ensayo impidió alcanzar el objetivo propuesto, y fue necesario suspender el muestreo en noviembre. Por ello, únicamente se realizaron cuatro muestreos en suelos, desde el 12 de mayo hasta el 23 de noviembre de 1994. Cada 45 días se tomaron tres muestras de suelo del horizonte 0-20 cm en cada parcela. Para el análisis químico del suelo se homogeneizaron las tres muestras y se obtuvo una muestra media compuesta por parcela. Se extrajeron otras tres muestras por parcela en las mismas condiciones y, una vez introducidas en una bolsa de polietileno permeable a los gases, se colocaron inmediatamente en el mismo lugar de donde se habían sacado, procurando no alterar la estructura, para su incubación en condiciones de campo durante 45 días. A los 45 días se recogieron las tres muestras de cada parcela, y se mezclaron, obteniéndose una única muestra por parcela, para la extracción y posterior determinación del contenido en  $\text{NO}_3^-$ -N y  $\text{NH}_4^+$ -N en el laboratorio. Esto permite conocer la inmovilización/mineralización del nitrógeno, así como la nitrificación y amonificación. La mineralización se ha calculado como la diferencia entre la cantidad de nitrógeno en el suelo incubado y sin incubar.

Las muestras de suelo fueron secadas al aire, tamizadas a 2 mm y envasadas hasta su posterior análisis. Se reservó una submuestra fresca para la determinación de  $\text{NO}_3^-$ -N y  $\text{NH}_4^+$ -N sin incubación. En las muestras secas y tamizadas se realizó el análisis químico de macronutrientes y la determinación de caracteres físico-químicos (N, P, C, Mg, Ca, K, humedad, pH).

Los cationes de cambio (K, Mg y Ca) se determinaron mediante extracción con acetato amónico 1N a pH 7 y posterior cuantificación por espectrofotometría de absorción atómica (Ca y Mg) y de emisión (K) en un espectrofotómetro Perkin Elmer 603. El fósforo utilizable se analizó siguiendo el método de Bray-Kurtz II (Bray *et al.*, 1945). El N total se determinó por el método semimicro Kjeldahl. El pH se determinó por potenciometría, en agua en proporción 1:2,5. La humedad se calculó por secado en estufa a 105 °C hasta peso constante. El carbono se determinó por oxidación húmeda con dicromato potásico y valoración con sal de Mohr según el método de Walkley-Black (Walkley *et al.*, 1934).

De cada una de las submuestras conservadas en fresco (en nevera y antes de transcurridas 24 h desde su recogida), se pesaron 10 g y se homogeneizaron con ClK 2M, congelando el extracto obtenido para la posterior determinación de  $\text{NO}_3^-$ -N y  $\text{NH}_4^+$ -N. Para determinar la cantidad de  $\text{NO}_3^-$ -N se empleó el método de reducción en columnas de cadmio cuperizado, valorándose los nitritos obtenidos mediante el método colorimétrico de Griess-Ilosvay modificado (Keeney y Nelson, 1982). El contenido en  $\text{NH}_4^+$ -N se determinó por el método colorimétrico del azul de indofenol (Kempers, 1974, modificado por Dorich y Nelson, inédito).

### Metodología estadística

Se han aplicado distintas técnicas estadísticas en función del objetivo del estudio y del tipo de variables.

Las variables edáficas se estudiaron mediante un análisis de varianza de una vía para conocer el efecto del factor fecha en las mismas. En cuanto al análisis foliar, se estudian variables químicas (pigmentos, macronutrientes, nitrógeno, humedad) en función de la orientación de la hoja en el árbol (norte/sur) mediante un test t de muestras pareadas, empleando el estadístico de Wilcoxon para tests no paramétricos en el caso de que la variable no siga una distribución normal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Nivel foliar

Los porcentajes de nutrientes en hojas, expresados con referencia al peso seco, y el porcentaje de variación de cada nutriente con respecto al factor posición se detallan en la Tabla 2. Ovington (1956) hace referencia a valores estándar del contenido en nutrientes en hojas de *Quercus robur*, y a excepción del calcio, que presenta valores ligeramente superiores, los resultados obtenidos son prácticamente iguales a los valores de referencia.

TABLA 2

**CONTENIDO DE NUTRIENTES EN HOJAS DE *Quercus robur*, SEGÚN SU ORIENTACIÓN EN EL ÁRBOL, EXPRESADO EN PORCENTAJE DE PESO SECO. NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (p) DEL TEST t**

*Nutrient content in Quercus robur leaves depending on their position in trees, in percent of dry weight. Test t statistical significance level (p)*

	Norte $\bar{x} \pm \sigma_{(n-1)}$	Sur $\bar{x} \pm \sigma_{(n-1)}$	Valor standard (*)	Variación Norte/Sur %	p
<b>Nitrógeno</b>	2,940 ± 0,51	2,960 ± 0,39	2,90	< 1	0,8767
<b>Calcio</b>	0,393 ± 0,07	0,416 ± 0,10	0,22	5	0,5291
<b>Magnesio</b>	0,201 ± 0,04	0,203 ± 0,05	0,19	< 1	0,8978
<b>Potasio</b>	1,129 ± 0,28	1,137 ± 0,25	1,20	< 1	0,8462
<b>Fósforo</b>	0,257 ± 0,08	0,254 ± 0,07	0,25	1	0,6665

(\*) Según Ovington (1956).

La secuencia que siguen los nutrientes foliares en cuanto a orden de magnitud,  $N > K > Ca > P > Mg$ , coincide con la obtenida por Bockheim y Leide (1991) para *Q. ellipsoidalis* y por De Visser (1992) y Ovington (1956) para *Q. robur*. El estudio realizado por Leroy (1968) refleja que las hojas de sombra son más ricas en minerales que las de sol, a excepción del K; esta tendencia no concuerda con los resultados aquí presentados.

El hecho de haber recogido muestras de orientación norte y sur y no de diversos estratos (sol/sombra) hace que el orden de magnitud de las diferencias sea menor. Se ha aplicado un test t de Student para muestras pareadas, y no se han detectado diferencias significativas en los porcentajes de nutrientes entre las dos orientaciones estudiadas.

Tampoco se han observado diferencias significativas en las variables relativas a la composición de pigmentos entre hojas norte y sur, aunque sí una tendencia hacia un mayor contenido en pigmentos en las hojas norte, constante en todos los pigmentos estudiados, salvo para los carotenoides expresados por unidad de superficie y la relación clorofila a/b, que presentan valores ligeramente superiores, aunque no significativos, en las hojas sur (Tabla 3). El contenido en carotenos por unidad de peso es prácticamente igual en los dos tipos de hoja. El mayor contenido en carotenos por unidad de superficie observado en las hojas orientadas al sur podría explicarse por un mayor peso foliar específico (PFE) en estas hojas, ya que las condiciones luminosas bajo las cuales se desarrollan las hojas influyen directamente en el PFE, que aumenta linealmente con la irradiancia relativa (Niinemets, 1997). El PFE es significativamente superior en las hojas sur frente a las norte.

**TABLA 3**  
**CONTENIDO EN PIGMENTOS Y VARIABLES RELACIONADAS EN HOJAS**  
**DE *Quercus robur* NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (p) DEL TEST t**  
*Pigments content and related variables in *Quercus robur* leaves.*  
*Test t statistical significance level (p)*

	NORTE $\times \pm \sigma_{(n-1)}$	SUR $\times \pm \sigma_{(n-1)}$	p
<b>PFE, mg/cm<sup>2</sup></b>	16,623 $\pm$ 0,544	17,115 $\pm$ 0,492	0,0333 *
<b>mg/g peso seco</b>			
clorofila a	9,15 $\pm$ 2,39	8,73 $\pm$ 2,26	0,6193
clorofila b	3,06 $\pm$ 0,88	2,85 $\pm$ 0,69	0,5309
clorofila total	12,21 $\pm$ 3,17	11,58 $\pm$ 2,87	0,6188
carotenoides	4,99 $\pm$ 1,33	4,94 $\pm$ 1,31	0,8886
<b>mg/m<sup>2</sup></b>			
clorofila a	584 $\pm$ 166	571 $\pm$ 153	0,8230
clorofila b	195 $\pm$ 59	186 $\pm$ 44	0,6943
clorofila total	779 $\pm$ 220	757 $\pm$ 192	0,7845
carotenoides	318 $\pm$ 90	323 $\pm$ 85	0,8505
clorofila a/b	3,039 $\pm$ 0,393	3,067 $\pm$ 0,424	0,8047
clorofila total/carotenoides	2,474 $\pm$ 0,350	2,366 $\pm$ 0,267	0,2600

(\*) Diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Masarovicová (1991a, 1992) ha obtenido valores de clorofila a, clorofila b y relación a/b del mismo orden que los aquí presentados. Una característica típica de las hojas de sol es que presentan una relación clorofila a/b mayor que las de sombra. Se ha confirmado mediante técnicas estructurales que existen cloroplastos de tipo-sol y de tipo-sombra,

siendo los primeros más eficaces en la conversión fotosintética que los segundos. Lichtenhaler *et al.* (1981) pusieron de manifiesto estas diferencias en hojas de *Fagus sylvatica*; las diferencias significativas obtenidas entre sol y sombra se apoyan en el tipo de hojas seleccionadas, considerando hojas de sol las del extremo superior del árbol y las de posición sur, mientras que son hojas de sombra las de la parte interna de la copa y las de posición norte. En el trabajo aquí expuesto, las hojas tanto de posición norte como sur, corresponden a la parte exterior de la copa. Este hecho, previsiblemente, ha minimizado las diferencias entre ambas clases y, aunque se mantienen las tendencias, no se observan diferencias significativas en la composición. Gracia *et al.* (1993) obtuvieron para hojas de *Quercus ilex* valores superiores de clorofila a (360,37 vs. 306,17 mg/m<sup>2</sup>), clorofila b (156,53 vs. 121,88 mg/m<sup>2</sup>) y clorofila a + b (516,91 vs. 427,97 mg/m<sup>2</sup>) en hojas de sombra frente a las de sol, y el cociente a/b resultó menor en hojas de sombra (2,33) que en las de sol (2,57), que concuerdan con los obtenidos en esta experiencia.

En un ensayo de tolerancia a la sombra, Gross *et al.* (1996) han encontrado en hojas de *Q. robur* y *Q. petraea*, la primera considerada especie heliófila y la segunda de media luz, mayor cantidad de clorofila por peso seco y una relación clorofila/carotenoides mayor en plantas sometidas a una radiación equivalente al 50 % de la radiación solar frente a plantas expuestas al 100 % de radiación, que sirvieron de referencia. Vanseveren (1973) obtuvo en hojas maduras de sombra de *Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus* y *Q. robur/Q. petraea* valores de clorofila entre 5 y 7 mg/g de peso seco, inferiores a los valores obtenidos por nosotros para *Q. robur*, mientras que en las hojas de sol estas cantidades se reducían a la mitad.

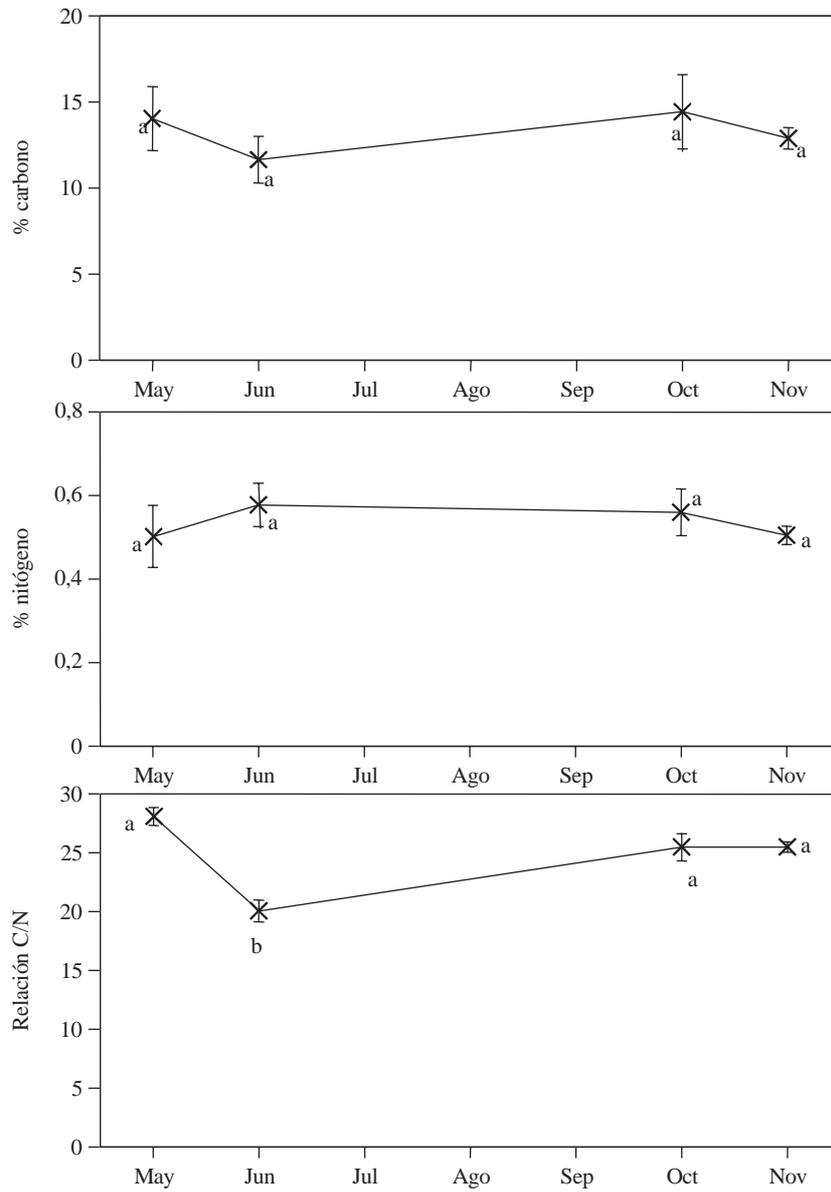
### Nivel edáfico

La relación C/N del suelo (Fig. 1) presenta un valor medio significativamente más bajo en el mes de junio, coincidiendo con el valor mínimo obtenido para el carbono y el máximo del nitrógeno, potasio y calcio.

El valor de la relación C/N en el mes de junio, próximo a 20, pone de manifiesto la existencia de formas lábiles, fácilmente mineralizables; que se traduce en un incremento de la cantidad de N inorgánico asimilable por las plantas. Este hecho puede explicarse por el aumento de la temperatura y la escasa precipitación, que contribuyen a disminuir la actividad microbiana, por estrés hídrico y/o térmico (García Arrese y Macías, 1993), dando lugar a tasas de mineralización muy bajas (Fig. 4).

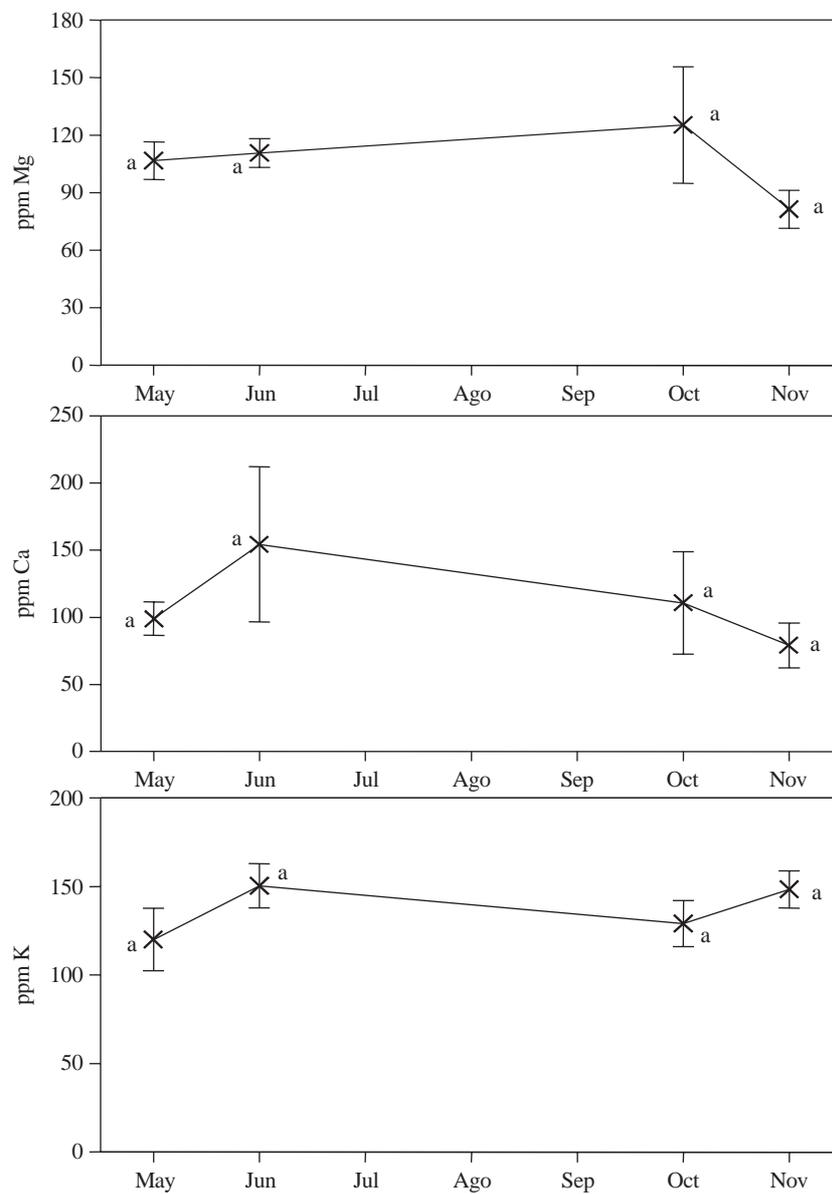
Los valores de N, K y P son mínimos al comienzo del período estudiado, mientras que el Ca y Mg presentan valores inferiores en noviembre, sujetos a fluctuaciones a lo largo del período estudiado (Fig. 2). Se observa un aumento significativo del pH del suelo (3,57-4,22) durante la experiencia (Fig. 3).

El proceso de nitrificación es prácticamente nulo. Esto podría estar relacionado con los bajos valores de pH encontrados (Kim *et al.*, 1995). Otros autores han encontrado niveles de nitrificación bajos o no detectables en suelos forestales de otros ecosistemas, tanto alterados como no (Federer, 1983; Vitousek y Matson, 1985a; Poovadorom *et al.*, 1988). Además del factor pH, la presencia de compuestos alelopáticos, las poblaciones inicialmente bajas de bacterias nitrificantes o una escasa disponibilidad de amonio, pueden incidir negativamente en el proceso de nitrificación (Richardson y Lund, 1975; Vitousek y Matson, 1985a; Donaldson y Henderson, 1990). Hart *et al.* (1994) observaron una nitrificación significativa después de tres meses de incubación en bosques de coníferas, y



**Fig. 1.**—Valores medios de los porcentajes de carbono y nitrógeno y de la relación C/N. La barra vertical representa el error estándar. En cada variable, las medias con distinta letra son significativamente distintas ( $\alpha = 0,05$ )

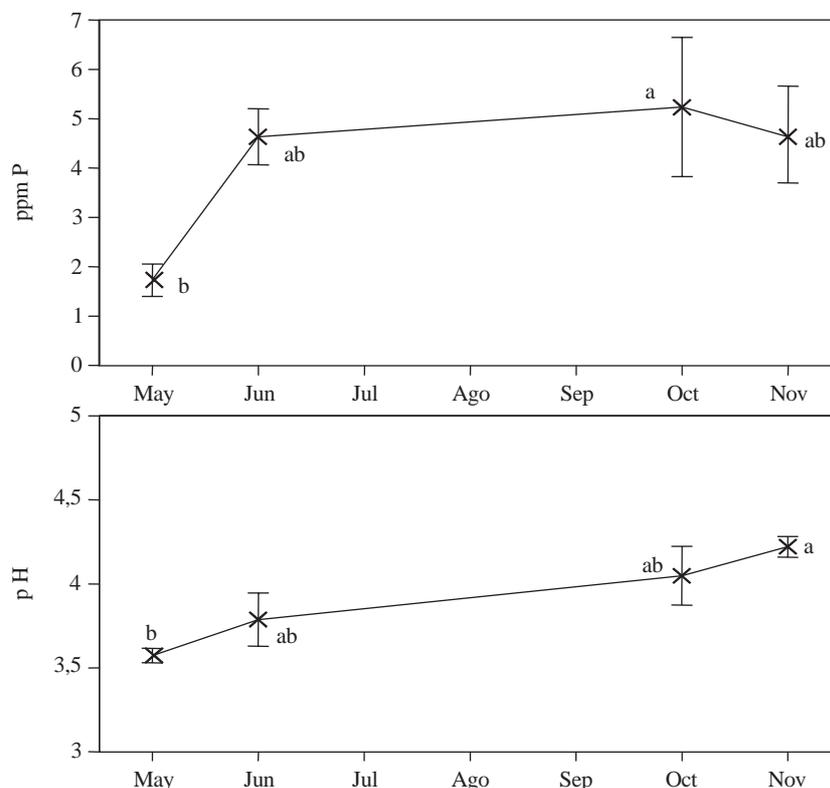
Mean percentages of C and N and mean C/N ratio. Vertical bars represent standard error. On each variable, different letters mean significant differences ( $\alpha = 0.05$ )



**Fig. 2.—Valores medios de Ca, Mg y K cambiante.**

**La barra vertical representa el error estándar. En cada variable, las medias con distinta letra son significativamente distintas ( $\alpha = 0,05$ )**

*Mean values of Ca, Mg and K exchangeable. Vertical bars mean standard error. On each variable, different letters mean significant differences ( $\alpha = 0.05$ )*



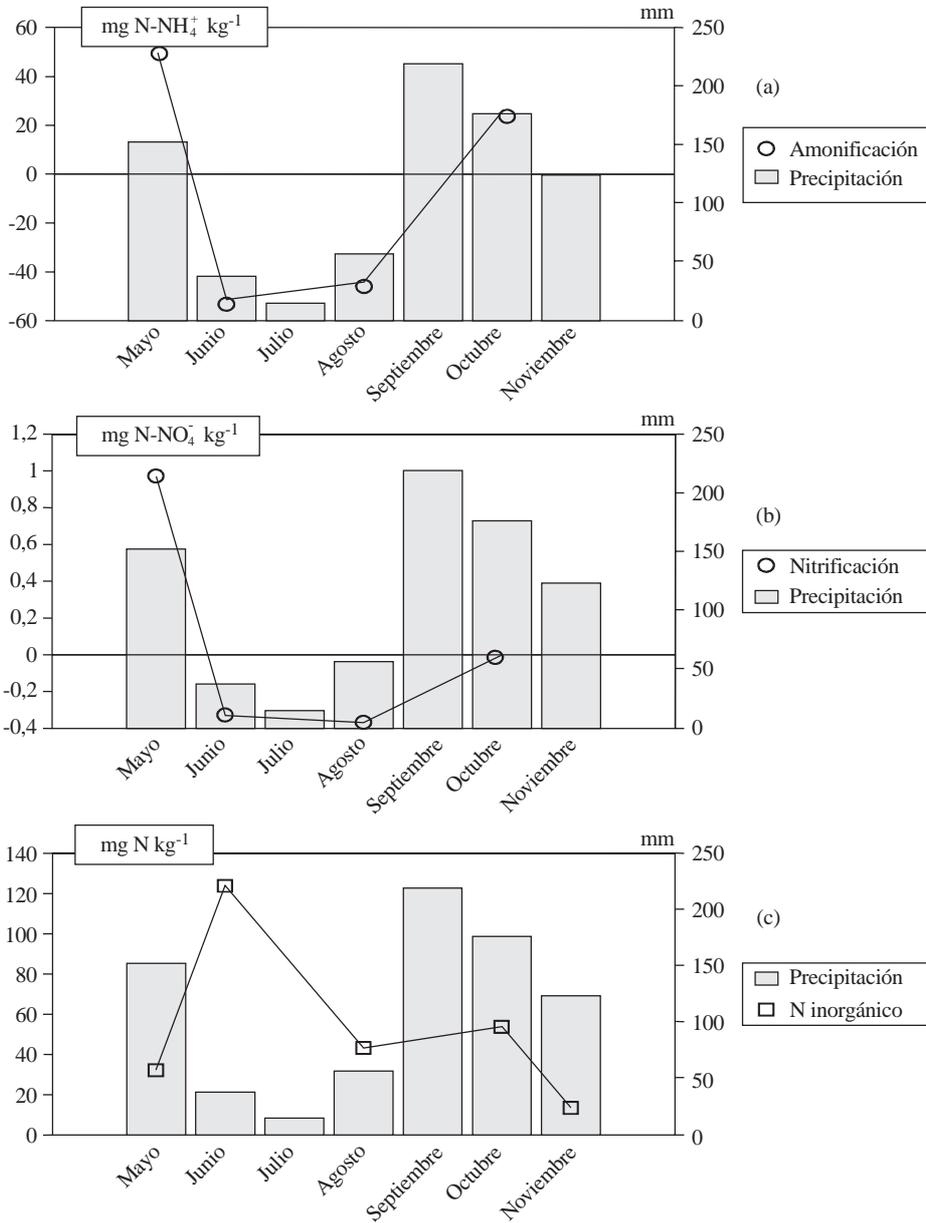
**Fig. 3.**—Variación temporal del P utilizable y del pH durante la experiencia. Las barras verticales representan el error estándar. En cada variable, las medias con distinta letra son significativamente distintas ( $P \alpha = 0,10$  y  $pH \alpha = 0,05$ )

*Temporal variation of usable P and pH during the experience. Vertical bars represent standard error. On each variable, means with different letter are significantly different ( $P \alpha=0.10$  and  $pH \alpha=0.05$ )*

sostienen que el período de incubación de un mes puede ser demasiado corto para acumular una cantidad representativa de nitrato.

La dinámica del nitrógeno se ve muy influenciada por las condiciones meteorológicas (Rozados *et al.*, 1997); tanto la amonificación como la mineralización presentan un máximo en mayo y en octubre, y mínimos (inmovilización) en la época estival, coincidiendo con los valores más bajos de precipitación. La nitrificación sigue la misma pauta, y se ve fuertemente inhibida en períodos de escasa precipitación y de altas temperaturas, pero no aporta variaciones al proceso de mineralización por presentar valores muy bajos (Figs. 4a y 4b). Varios estudios han encontrado variaciones significativas en las transformaciones del nitrógeno en el suelo (Zak y Pregitzer, 1990; Nadelhoffer *et al.*, 1983; Garten *et al.*, 1994).

El N inorgánico sigue una tendencia distinta, mostrando su valor máximo cuando la precipitación es mínima. En períodos de precipitación más alta, primavera y otoño, el contenido en N inorgánico disminuye, debido a las pérdidas por lavado (Fig. 4c).



**Fig. 4.–Mineralización potencial neta (a) amonificación, (b) nitrificación tras 45 días de incubación en campo y contenido de N inorgánico (c) en suelos sin incubación**  
*Net potential mineralization (a) ammonification, (b) nitrification after 45 days of field incubation and inorganic N (c) in soils without incubation*

## CONCLUSIONES

El hecho de recoger las hojas en distintas orientaciones del mismo estrato arbóreo no se traduce en diferencias significativas en el contenido en nutrientes y pigmentos de las mismas, pero las cantidades absolutas de los mismos se ven afectadas por una tendencia general constante de aparición de valores más altos de nutrientes en las hojas sur, con la excepción del fósforo, y de clorofila en las hojas norte. No se ha comprobado si esta conclusión se mantiene en todos los estados de desarrollo ya que el muestreo fue único, por lo que sólo es aplicable en los primeros estados de desarrollo, de crecimiento rápido, tras haber alcanzado la máxima expansión de la lámina, pero sin haber adquirido plena madurez fisiológica.

Los resultados obtenidos por otros autores (Gracia *et al.*, 1993; Vanseveren, 1973; Gross *et al.*, 1996) ponen de manifiesto que existen diferencias entre las hojas de sol y sombra, y podemos concluir que en ello influye la posición en el árbol y no sólo la orientación, que por sí sola no es suficiente para mostrar diferencias significativas en las variables estudiadas.

Los únicos parámetros edáficos que presentan variaciones significativas en función del factor fecha son la relación C/N y el pH.

Se ha puesto de manifiesto, en el caso estudiado, la escasa aportación del proceso de nitrificación a la mineralización del N, que depende mayoritariamente de la amonificación. A lo largo de la experiencia se han producido variaciones en los procesos de mineralización y consecuentemente en los niveles de N inorgánico disponibles que parecen estar vinculados a las condiciones meteorológicas, concretamente a la precipitación.

## AGRADECIMIENTOS

A la Consellería de Educación y Ordenación Universitaria de la Xunta de Galicia, que ha financiado la beca predoctoral del primer autor; a César Andrade, por la recogida de los datos meteorológicos y a dos revisores anónimos por sus aportaciones. Este trabajo ha sido financiado por el INIA mediante el proyecto SC94-047.

## SUMMARY

### Foliar and edaphic parameters in a *Quercus robur* stand in Galicia (Spain)

Soil chemical composition during the active period was described in a oak stand (*Quercus robur* L.) situated at NW Iberian Peninsula.

Leaves chemical composition and pigments were analysed on north and south-faced leaves in order to compare both positions.

The parameters considered were: C, N, P, K, Ca, Mg, pH, ammonification and nitrification in soil and specific leaf weight (SLW), N, P, Ca, Mg, K, chlorophylls a and b and carotenoids in leaves. We focused on soil nitrification and ammonification processes to investigate nitrogen dynamic and to identify related factors.

Significantly higher SLW was observed in south faced leaves than in north faced ones. There is a general trend in north faced leaves to show higher values of chlorophyll and carotenoids (per weight unit) and chlorophyll (per area unit), and in south-leaves to present higher nutrient concentrations, except phosphorus, and increased chlorophyll a/b. Nevertheless, any significant differences were found.

The influence of environmental conditions on the soil was showed out by a decrease in C/N ratio in June and an increase in pH values in November.

**KEY WORDS:** Chlorophyll  
Foliar composition  
Nitrogen mineralization  
*Quercus robur*  
Soil composition

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANÓNIMO, 1995. *Resumo dos datos climatolóxicos da rede das estacións do Centro de Investigacións Forestais de Lourizán*. Colección Investigación e Desenvolvemento, n.º 6. Serie I + D Ed. Serv. de Estudos e Publicacións da Consellería de Agricultura, Gandería e Montes. Xunta de Galicia.
- A.O.A.C., 1975. Método colorimétrico de la sulfito-hidroquinona para la determinación de fósforo. *Official Methods of Analysis*. A.O.A.C. 12<sup>th</sup> Ed. 3.061.
- BOECKHEIM J.G., LEIDE J.E., 1991. Foliar nutrient dynamics and nutrient use efficiency of oak and pine on a low-fertility soil in Wisconsin. *Can. J. For. Res.*, 21, 925-934.
- BRAY B.M., KURTZ L.T., 1945. *Soil Sci.*, 59: 39-45.
- COLE D.W., 1995. Soil nutrient supply in natural and managed forests. *Plant and Soil* 168-169:43-53. In: Proceedings of the CEC/IUFRO Symposium NUTRIENT UPTAKE AND CYCLING IN FOREST ECOSYSTEMS. Nilsson, L.O., Hüttl, R.F., Johansson, Eds.
- DE VISSER P. H. B., 1992. The relation between chemical composition of oak tree rings, leaf, bark, and soil solution in a partly mixed stand. *Can. J. For. Res.*, 22, 1824-1831.
- DÍAZ-MAROTO I.J., PRUNELL A., GONZÁLEZ M.P., SILVA-PANDO F.J., 1993. Estudio fenológico de especies arbustivas y arbóreas de los robledales atlánticos. In: F.J. Silva-Pando & G. Vega (Eds.) *Ponencias y Comunicaciones Congreso Forestal Español Lourizán* 93, I, 239-244.
- DONALDSON J.M., HENDERSON G.S., 1990. Nitrification potential of secondary succession upland oak forests. I. Mineralization and nitrification during laboratory incubations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54, 892-897.
- FEDERER C.A., 1983. Nitrogen mineralization and nitrification: depth variation in four New England forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47, 1008-1014.
- GARCÍA ARRESE A.M., MACÍAS F., 1993. Variación anual de la mineralización del nitrógeno en sistemas forestales de Galicia. Ponencias y Comunicaciones, I: 145-149. *Congreso Forestal Español*, Lourizán, Pontevedra.
- GARTEN jr., C.T., HUSTON M.A., THOMS C.A., 1994. Topographic variation of soil nitrogen dynamics at Walker Branch Watershed, Tennessee. *For. Sci.*, 40 (3), 497-512.
- GRACIA C.A., SALA A., SABATÉ S., 1993. Aspectos ecofisiológicos relacionados con la producción de los encinares mediterráneos. In: F.J. Silva-Pando & G. Vega (Eds.) *Ponencias y Comunicaciones Congreso Forestal Español Lourizán* 93, I: 209-218.
- GROSS K., HOMLICH A., WEINREICH A., WAGNER E., DREYER E. (Ed.), AUSSENAC G., 1996. Effect of shade on stomatal conductance, net photosynthesis, photochemical efficiency and growth of oak saplings. *Ann. Sci. For.*, 53 (2-3), 279-290.
- HAMERLYNCK E. P., KNAPP A. K., 1994. Leaf-level responses to light and temperature in two co-occurring *Quercus* (Fagaceae) species: implications for tree distribution patterns. *For. Ecol. Manag.*, 68 (2-3), 149-159.
- HART S.C., NASON G.E., MYROLD D.D., PERRY D.A., 1994. Dynamic of gross nitrogen transformations in an old-growth forest: the carbon connection. *Ecology*, 75, 880-891.
- KEENEY D.R., NELSON D.W. 1982. In *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and microbiological properties 2<sup>nd</sup> Ed., pp. 676-682. Agronomy series n.º 9. Page, A. L., Miller, R. H. & Keeney, D. R., Eds. Am. Soc. of Agronomy & Soil Sci. Soc. Am., USA.
- KEMPERS A.J., 1974. Determination of sub-microquantities of ammonium and nitrate in soils with phenol, sodium nitroprusside and hypochlorite. *Geoderma*, 12, 201-206.
- KIM C., SHARIK T.L., JURGENSEN M.F., 1995. Canopy cover effects on soil nitrogen mineralization in northern red oak (*Quercus rubra*) stands in northern Lower Michigan. *For. Ecol. Manag.*, 76 (1-3), 21-28.
- LEROY P., 1968. Seasonal changes in the water content and mineral composition of leaves of *Quercus robur*. *Ann. Sci. For.*, 25 (2), 83-117.
- LICHTENTHALER H.K., BUSCHMANN C., DOLL M., FIETZ H.J., BACH T., KOZEL U., MEIER D., RAHMSDORF U., 1981. Photosynthetic activity, chloroplast ultrastructure, and leaf characteristics of high light and low light plants and of sun and shade leaves. *Photosynth. Res.*, 2, 115-141.

- LICHTENTHALER H.K., WELLBURN A.R., 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem. Soc. Trans.*, 603, 591-592.
- MASAROVICOVÁ E., 1991a. Leaf shape, stomata density and photosynthetic rate of the common oak leaves. *Biol. Plant.* 33 (6), 495-500.
- MASAROVICOVÁ E., 1992. Morphological, physiological, biochemical and production characteristics of three oak species. *Acta Physiol. Plant.* 14 (2), 99-106.
- NADELHOFFER K.J., ABER J.D., MELILLO J.M., 1983. Leaf-litter production and soil organic matter dynamics along a nitrogen-availability gradient in Southern Wisconsin, USA. *Can. J. For. Res.* 13:12-21.
- NINEMETS U., 1997. Role of foliar nitrogen in light harvesting and shade tolerance of four temperate deciduous woody species. *Functional Ecology* 11: 518-531.
- NILSSON L.O., HÜTTL R.F., JOHANSSON U.T., JOCHLEIM H., 1995. Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems - present status and future research directions. *Plant and Soil* 168-169: 5-13. In: Proceedings of the CEC/IUFRO Symposium NUTRIENT UPTAKE AND CYCLING IN FOREST ECOSYSTEMS. Nilsson, L.O., Hüttl, R.F., Johansson, Eds.
- OVINGTON J.D., 1956. The importance of litter breakdown in the woodland ecosystem. In: Decay of plant litter (Boswell, J. G.). *Nature*, London. 178 (4547), 1373-1375.
- POOVARODOM S., TATE III R.L., BLOOM R.A., 1988. Nitrogen mineralization rates of the acidic xeric soils of the New Jersey pinelands: field rates. *Soil Sci.*, 1455, 257-263.
- RICHARDSON C.J., LUND J.A., 1975. Effects of clear-cutting on nutrient losses in aspen forests on three soil types in Michigan. In: F. G. Howell, J. B. Gentry, M. H. Smith (Eds.), *Mineral Cycling in Southeastern Ecosystems*, GA. ERDA Symposium Series CONF-740513, pp. 673-686.
- RIVAS-MARTÍNEZ S., 1987. *Memoria de Series de Vegetación de España*. I.C.O.N.A., Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- ROZADOS LORENZO M.J., SILVA-PANDO F.J., GONZÁLEZ HERNÁNDEZ M.P., 1997. Mineralización potencial del nitrógeno durante el período activo en un robleal del noroeste peninsular. In: F. Puertas & M. Rivas (Eds.) *Ponencias y Comunicaciones Congreso Forestal Hispano-Luso Irati 97*, 1-2, 557-562.
- SAMPSON A.W., SAMISCH R., 1935. Growth and seasonal changes in composition of oak leaves. *Plant Physiol.*, 10, 739-751.
- SPARLING G.P., 1997. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: *Biological Indicators of Soil Health*. Ed. C.E. Pankhurst, B.M. Doube y V.V.S.R. Gupta. CAB International, UK, pp. 97-119.
- VANSEVEREN J.P., 1973. Studies on the forest ecosystem. Series B. The mixed calciphile Oak forest of Virelles-Blaimont. Seasonal variation in the chlorophyll content of a forest canopy. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, 106 (2), 279-288.
- VITOUSEK P.M., MATSON P.A., 1985a. Causes of delayed nitrate production in two Indiana forests. *For. Sci.*, 31, 122-131.
- WALKLEY A., BLACK I.A., 1934. *Soil Sci.*, 37: 29-38.
- ZAK D.R., PREGITZER K.S., 1990. Spatial and temporal variability of nitrogen cycling in northern Lower Michigan. *For. Sci.* 36, 367-380.