

CAMBIOS A CORTO PLAZO EN EL NIVEL DE ALGUNOS PARÁMETROS EDÁFICOS Y FOLIARES DESPUÉS DE UNA CLARA EN UNA MASA DE *QUERCUS ROBUR* L. EN GALICIA, NO DE ESPAÑA

Margarita Alonso Santos*, M^a Francisca Ignacio Quinteiro, Mar Núñez Castro, M^a José Rozados Lorenzo, Francisco Javier Silva Pando y M^a Teresa Fontúrbel Llitéras.

Centro de Investigaciones Forestales y Ambientales de Lourizán. Consellería de Medio Ambiente. Apartado 127. 36080-PONTEVEDRA (España). Correo electrónico: malonso.cifal@siam-cma.org

Resumen

Se evaluaron algunos cambios químicos ocurridos en diversos estratos (hojas, hojarasca, mantillo y suelo) en una masa de *Quercus robur* L. en Galicia, NO de España, en los dos años posteriores a un tratamiento de clara de diferente intensidad (0, 15, 35 y 55 % de reducción del área basimétrica). El porcentaje de Mg foliar, en peso fresco, fue superior en las parcelas tratadas con relación a las control. El clareo intenso (55%) indujo un incremento en la concentración de carbono y nitrógeno, así como un descenso de la razón C/N y un incremento de concentración de hierro en la hojarasca con relación al control. El clareo intenso produjo también una mayor concentración de carbono, nitrógeno, polifenoles totales y taninos condensados y una elevación de la razón C/P en el mantillo. En el suelo mineral no se observaron cambios, a excepción de un incremento significativo de calcio cambiante en las parcelas con clareo medio (35%) con respecto al control a una profundidad de 20-40 cm.

Palabras clave: *Quercus robur*, Intensidad de clareo, Macro y micronutrientes, Polifenoles, Hojarasca, Humus, Suelo

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de los factores que controlan la productividad del bosque, y como están influenciados por los tratamientos culturales ha sido un objetivo prioritario de la investigación forestal. Actualmente ha cobrado mayor interés ya que se pretende incrementar la producción de madera manteniendo la diversidad biológica y la productividad del lugar a largo plazo (VELÁZQUEZ et al., 1992). Pocos trabajos relativos a los efectos del clareo están enfocados a los cambios producidos en el suelo (BREDA et al., 1995; CARLYLE, 1995; KIM et al., 1995 y 1996; PRESCOTT, 1997; VELÁZQUEZ Y PERRY, 1997; SON et

al., 1999 y 2004; THIBODEAU et al., 2000). Sin embargo los cambios en el contenido de materia orgánica pueden tener una influencia importante en la disponibilidad de nutrientes, de modo que una acumulación de residuos puede dar lugar a un incremento de la fertilidad del suelo a largo plazo (SINCLAIR, 1992). Después de un clareo, los residuos dejados in situ (troncos, ramas y hojas) representan una importante adición de materia orgánica y pueden suponer un efecto positivo sobre la disponibilidad de nutrientes (STERBA, 1988). Además el sistema radical de los árboles apeados también puede representar una fuente de carbono y nitrógeno fácilmente descomponible por los microorganismos del suelo (ENTRY et al.,

1986; ZAS et al., 1990). En el presente estudio se pretende estudiar el efecto a corto plazo (2 primeros años) del nivel de claro (0, 15, 35 y 55% de reducción del área basimétrica del arbolado) en una masa natural de *Quercus robur* en Galicia, NO de España, dejando los árboles apeados en el lugar. Se analizan los cambios en la composición foliar de los árboles en pie, la composición de la hojarasca (capa L+F), mantillo (capa H) y suelo mineral (0-20 y 20-40 cm) y su relación con el nivel de claro.

MATERIAL Y METODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en los Montes da Candeira e do Cordón, en una superficie aproximada de 3 ha en el lugar de Insuela-Vilalen, municipio de Cotobade, provincia de Pontevedra. El clima es Atlántico, subtipo fitoclimático Nemoral genuino (ALLUE, 1990), la precipitación media anual es de 1600-1800 mm y la temperatura media anual es de 12-13 °C (MARTÍNEZ Y PÉREZ, 1999). Los suelos son tipo *Umbrisol húmico* (CALVO Y MACIAS, 2002), con textura franco-arenosa (ISSS system), desarrollados sobre gneises glandulares. Las características físico-químicas de los suelos objeto de estudio se muestran en la tabla 1. La mayoría de las parcelas en la zona de estudio están orientadas al N-NO, con una pendiente de 30-40 %, y a una altitud de 400 m. La comunidad estudiada corresponde a una formación de *Rusco aculeati-Quercetum roboris* (RIVAS, 1987), cuya especie arbórea dominante es *Quercus robur*.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar (3 bloques), con 4 tratamientos de clara en cada uno de ellos (0, 15, 35 y 55% de reducción del área basimétrica del arbolado), dejando los árboles apeados en el lugar de corta. En cada bloque, se delimitaron 4 parcelas de 30 x 30 m correspondiendo cada una de ellas a un tratamiento de clara.

Calendario de actividades

El establecimiento de las parcelas se realizó en 1999. Ese mismo año se abrió una calicata de

suelo en cada bloque para la caracterización física y química del suelo previamente a los tratamientos. En mayo de 2000 se aplicaron los tratamientos de clara, y desde diciembre de este mismo año hasta diciembre de 2002 se recogieron 4 muestras de hojarasca (capa L+F) y mantillo (capa H) en cada parcela en un rectángulo de 20 x 30 cm, con un intervalo de 3 meses entre muestreos. En estas mismas fechas se recogieron con barrena Riverside 3 muestras compuestas de suelo (procedentes cada una de ellas de tres submuestras aleatorias) en cada parcela a 0-20 y 20-40 cm de profundidad. En cada parcela se eligieron 4 árboles representativos de la masa de los que se muestrearon hojas orientadas al sur en junio y septiembre de 2001 y 2002.

Métodos analíticos

Para los análisis correspondientes, las muestras de suelo se secaron al aire y se tamizaron a 2 mm. El análisis granulométrico de los perfiles de suelo se llevó a cabo por el método de la pipeta (PIPER, 1950). El carbono orgánico en el suelo se determinó por el método rápido de WALKLEY & BLACK (1934); el nitrógeno por semimicro Kjeldahl, método descrito por BRENNER (1996); Ca, Mg y K cambiables fueron extraídos en acetato amónico 1N a pH 7 y determinados por absorción atómica (Ca y Mg) y fotometría de llama (K); el P utilizable siguiendo el método Bray-II (BRAY & KURTZ, 1945), el pH se determinó por potenciometría en agua en la proporción suelo-agua (1:2.5) después de una hora de contacto; la determinación de humedad se hizo por secado en estufa a 105 °C hasta peso constante. Los resultados se expresaron referidos a peso seco.

Las muestras de hojas, hojarasca y mantillo se liofilizaron. El nitrógeno se determinó por semimicro Kjeldahl; la materia orgánica en hojarasca y mantillo por pérdida de ignición en mufla a 500 °C hasta cenización completa y el carbono orgánico, dividiendo el valor de materia orgánica por el factor 1.724. Macro y micronutrientes totales (Ca, Mg, K, P, Fe, Cu, Zn y Mn) se extrajeron con mezcla HNO₃: HCl por digestión en microondas y se analizó el K por fotometría de llama, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn por absorción atómica y el P se analizó colorimétricamente por el método de la sulfito-hidroquinono-

na (A.O.A.C. 1975). Los polifenoles totales y taninos condensados se extrajeron en hojas, hojarasca y mantillo como se describe en ALONSO *et al.* (1998); la determinación de polifenoles se hizo según la técnica de Folin Ciocalteu con algunas modificaciones, tal como describe DOMÍNGUEZ (1987), y los taninos condensados según describe SCALBERT *et al.* (1989).

Análisis estadístico de los datos

Los datos han sido analizados con el paquete estadístico SPSS v.11. Se ha hecho un análisis de varianza de medidas repetidas con 2 factores entresujeto: bloque (con 3 niveles) y clareo (con 4 niveles correspondientes a 0, 15, 35 y 55% de reducción del área basimétrica) y 1 factor intrasujeto: fecha de muestreo, con 9 niveles en la hojarasca, mantillo y suelo, correspondientes a los muestreos trimestrales durante los dos años de estudio y 4 niveles en hojas, recogidas en los meses de junio y septiembre en esos dos años. Se presentan únicamente los resultados que fueron significativos para el promedio general de todas las fechas estudiadas. Se realizó un análisis de correlación para ver si existía asociación estadística entre algunos de los parámetros estudiados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto de la clara sobre la composición foliar del arbolado

El nivel del clareo no afectó a la concentración de los macro y micronutrientes foliares analizados. Sin embargo, se observaron incrementos estadísticamente significativos ($p < 0.05$) del porcentaje de Mg foliar en las parcelas que habían sido clareadas con relación a las control, considerando los valores promedio de todas las fechas analizadas (Tabla 2). WOLLUM & SCHUBERT (1975) no encontraron diferencias en la concentración foliar de varios nutrientes en masas de *Pinus ponderosa* entre niveles de clareo de hasta un 50% después de 8 años de los tratamientos. Sin embargo, VELÁZQUEZ *et al.* (1992) observaron que el clareo de parcelas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco incrementaba el contenido de N, K y Mg en las acículas del año en curso, y STERBA (1988) notó incrementos del nivel de N y P foliar en poblaciones de *Picea abies*, donde los árboles apeados fueron dejados en el suelo. También THIBODEAU *et al.* (2000) apuntaron aumentos en la concentración de N, P y K en acículas del año

Bloque	Prof. (cm)	% Arena	% Limo	% Arcilla	Textura	Color seco(húmedo)
I	0-60	79.15	9.78	11.07	Franco-arenosa	10YR-4/1(10YR-2/2)
	60-75	82.90	7.25	9.86	Franco-arenosa	10YR-5/4(10YR-4/2)
	75-100	84.32	6.58	9.00	Franco-arenosa	10YR-6/3(10YR-4/3)
II	0-40	78.05	10.33	11.62	Franco-arenosa	10YR-3/2(10YR-2/2)
	0-35	79.47	8.74	11.79	Franco-arenosa	10YR-4/1(10YR-2/2)
III	35-55	78.97	8.89	12.14	Franco-arenosa	10YR-4/2(10YR-3/1)
	55-70	74.07	9.46	16.47	Franco-arcillo-arenosa	10YR-5/4(10YR-4/2)

Bloque	Prof. (cm)	%C	%MO	%N	C/N	pH	(ppm)			
							Kc	Pu	Cac	Mgc
I	0-60	8.55	14.73	0.457	18.7	4.08	64	10.7	7	11
	60-75	1.69	2.91	0.098	17.3	4.52	45	88.5	0	1
	75-100	0.88	1.51	0.050	17.5	4.72	9	146.5	1	1
II	0-40	11.93	20.57	0.674	17.7	4.53	76	10.7	8	17
	0-35	7.45	12.83	0.408	18.3	4.57	65	8.1	6	15
III	35-55	4.37	7.54	0.263	16.6	4.65	31	9.2	2	5
	55-70	1.90	3.27	0.117	16.2	4.64	8	44.2	1	1

Tabla 1. Características físicas y químicas de los perfiles de suelo. Muestreo realizado en septiembre de 1999, antes de los tratamientos de clareo. Kc (potasio cambiante), Pu (fósforo utilizable), Cac (calcio cambiante), Mgc (magnesio cambiante). Valores expresados en peso seco

Hojas	Parcelas sin claro	Parcelas con algún tipo de claro
Mg (%)	0.065 ± 0.08 b	0.075 ± 0.014 a

Tabla 2. Contenido en peso fresco de Mg foliar. Valor promedio (\pm desviación estandar) en los dos años posteriores al tratamiento de claro. Letras minúsculas diferentes dentro de una misma fila indican diferencias estadísticamente significativas entre parcelas sin y con claro según el test de Duncan ($p < 0.05$)

en plantaciones de *Abies balsamea* con tratamiento de clara efectuado el año anterior al muestreo. Incluso cuando los árboles fueron extraídos, HOKKA et al. (1996) observaron incrementos en la concentración de N, P y K después del claro de una masa de *Pinus sylvestris* L.

Efecto de la clara sobre la composición de la hojarasca

El claro intenso del arbolado (55% reducción del área basimétrica) dio lugar a un incremento significativo en la concentración de carbono y nitrógeno en la hojarasca (capa L+F) de *Quercus robur* teniendo en cuenta el valor promedio de los muestreos estacionales llevados a cabo (Tabla 3). La mayor acumulación de C en la hojarasca podría atribuirse al aporte de este elemento procedente de la madera en descomposición de los árboles apeados. Esto coincide con lo observado por GANJEGUNTE et al. (2004) quienes señalaron una velocidad de descomposición más alta de la madera de tronco frente a las cortezas y ramas en otra especie (*Pinus radiata*) que atribuyeron a una más alta concentración de carbohidratos. El hecho de no haber encontrado diferencias en la concentración de otros nutrientes abundantes en las hojas, podría deberse a que éstas se descomponen más lentamente y a que al estar unidas a los árboles apeados no tomaron aún contacto con el suelo. En otros experimentos llevados a cabo en masas de *Picea abies* en que los árboles apeados habían sido sacados del lugar VESTERDAL et al. (1995)

encontraron menos C y N en la hojarasca de las parcelas con claro. En nuestro estudio la proporción de nitrógeno acumulado en la hojarasca fue mayor que la de carbono, lo que se tradujo en una razón C/N más baja (Tabla 3), lo que podría indicar una mayor tasa de descomposición de la hojarasca con relación a las parcelas testigo. Esto concuerda con TAYLOR et al. (1989) quienes encontraron una correlación negativa estrecha entre la razón C/N en la hojarasca y su velocidad de descomposición en un experimento con "litterbags" en varias especies forestales. El contenido de hierro en la hojarasca fue menor en las parcelas con claro más intenso con relación a las parcelas testigo (Tabla 3).

Efecto de la clara sobre la composición del mantillo

El claro intenso del arbolado (55% reducción del área basimétrica), al igual que lo ocurrido en la hojarasca, dio lugar a un aumento de la concentración de carbono y nitrógeno en el mantillo (capa H) de *Quercus robur* de los valores promedio de los dos primeros años (Tabla 4). Al contrario de lo sucedido en la hojarasca, no hubo ninguna diferencia significativa en la razón C/N con respecto a las parcelas testigo, debido a que los aumentos de C y N fueron proporcionales. La razón C/P sí incrementó, debido al propio incremento de carbono, ya que en la concentración de fósforo no se observaron diferencias. El contenido de hierro fue menor que el

Hojarasca	Nivel de claro (% reducción área basimétrica del arbolado)			
	0%	15%	35%	55%
C (%)	51.99 ± 4.15 b	53.42 ± 2.63 ab	52.89 ± 3.58 ab	54.22 ± 2.41 a
N (%)	1.681 ± 0.268 b	1.696 ± 0.226 b	1.674 ± 0.250 b	1.851 ± 0.235 a
C/N	31.7 ± 5.5 a	32.1 ± 4.9 a	32.4 ± 5.8 a	29.8 ± 4.2 b
Fe (ppm)	1549 ± 1166 a	1160 ± 793 ab	1345 ± 1224 ab	941 ± 800 b

Tabla 3. Valores medios (\pm desviación estandar) de carbono, nitrógeno, razón C/N y hierro, referidos a peso seco, en Hojarasca (capa L+F) durante los dos años siguientes al tratamiento de claro en *Quercus robur*. Letras minúsculas diferentes dentro de una misma fila indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de claro según el test de Duncan ($p < 0.05$)

Mantillo	Nivel de clareo (% reducción área basimétrica del arbolado)			
	0%	15%	35%	55%
C (%)	35.79 ± 7.95 b	36.58 ± 9.22 b	35.61 ± 9.71 b	42.26 ± 8.67 a
N (%)	1.434 ± 0.281 b	1.445 ± 0.284 b	1.419 ± 0.300 b	1.644 ± 0.280 a
C/P	434 ± 73 b	437 ± 91 b	425 ± 71 b	497 ± 71 a
Pol (mg/g)	1.93 ± 0.64 b	1.82 ± 0.70 b	1.69 ± 0.66 b	2.31 ± 0.89 a
Tan (mg/g)	0.47 ± 0.18 b	0.46 ± 0.20 b	0.40 ± 0.17 b	0.57 ± 0.21 a

Tabla 4. Valores medios (\pm desviación estándar) de carbono, nitrógeno, razón carbonofósforo (C/P), Polifenoles (Pol, en mg catequina/g) y Taninos condensados (Tan, en mg catequina/g), expresados en peso seco, en Mantillo (capa H) durante los dos años siguientes al tratamiento de clareo en *Quercus robur*. Letras minúsculas diferentes dentro de una misma fila indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de clareo según el test de Duncan ($p < 0.05$)

de las parcelas testigo, pero la interacción significativa bloque x clareo impidió generalizar los resultados y atribuirlos exclusivamente al efecto de la clara. También se observó una acumulación de polifenoles totales y taninos condensados por efecto de la clara intensa (Tabla 4). En las parcelas con clara intensa se encontraron correlaciones positivas y altamente significativas entre el contenido de nitrógeno en el mantillo y los contenidos de polifenoles y taninos condensados en la mayoría de las fechas de muestreo (Tabla 5), lo que podría indicar la posible formación de complejos polifenol-proteína (BENOIT *et al.*, 1968a, b; YU *et al.*, 2002; JOKIC *et al.*, 2004), estos complejos influyen en la ralentización de la mineralización del nitrógeno, lo que explicaría la acumulación de nitrógeno encontrada en este estudio.

Efecto de la clara sobre la composición del suelo

En los dos primeros dos años después de la clara, no se produjeron cambios de los valores promedio de los principales parámetros indica-

dores de la fertilidad del suelo en los 20 primeros cms, habiéndose encontrado un incremento en el contenido de calcio cambiante en el horizonte inferior (20-40 cm) en las parcelas con un 35% de clareo (tabla 6). Este incremento puede considerarse positivo para la fertilidad del suelo, muy pobre en este elemento (Tabla 1).

Como conclusión general a los resultados obtenidos, podríamos decir que solo la clara intensa (50% de reducción del área basimétrica del arbolado) generó cambios en la composición del suelo forestal (hojarasca y mantillo), no observándose éstos en el suelo mineral, en los 2 primeros años después de los tratamientos de clara. Sería necesario un estudio a mas largo plazo para comprobar si mas adelante estos cambios se producirán.

Agradecimientos

A la Xunta de Galicia, que ha financiado el proyecto PGIDT00MAM5021PR y al INIA, que

fecha	nitrógeno/polifenoles		nitrógeno/taninos condensados	
	R	Sig.(p)	R	Sig.(p)
Dic-00	0.800	0.002	0.744	0.006
Mar-01	0.218	ns	0.266	ns
Jun-01	0.522	ns	0.575	0.050
Sep-01	0.834	0.001	0.846	0.001
Dic-01	0.794	0.002	0.719	0.008
Mar-02	0.606	0.037	0.664	0.018
Jun-02	0.773	0.003	0.829	0.001
Sep-02	0.767	0.004	0.790	0.002
Dic-02	0.822	0.001	0.856	0.000

Tabla 5. Correlación de Pearson (R) y grado de significación (p) entre el %N y el contenido de polifenoles o taninos condensados, en el mantillo de las parcelas con un 55% de clareo

Suelo (20-40 cm)	Nivel de clareo (% reducción área basimétrica del arbolado)			
	0%	15%	35%	55%
Ca cambiante (ppm)	12 ± 3 b	13 ± 7 ab	16 ± 3 a	12 ± 5 b

Tabla 6. Valores medios (\pm desviación estándar) de calcio cambiante, expresados en peso seco, en el suelo (20-40 cm) durante los dos años siguientes al tratamiento de clareo en *Quercus robur*. Letras minúsculas diferentes dentro de una misma fila indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de clareo según el test de Duncan ($p < 0.05$)

ha financiado el proyecto SC098-062, gracias a los cuales se ha podido realizar este trabajo. A los auxiliares de laboratorio L. Queimadelos, M. Fernández y A. Soliño. A los auxiliares de campo A. Pazos, E. Diz y J. Ríos. A los estudiantes de Química en prácticas de la USC, así como a los de ciclos superiores de los IES Manuel Antonio y Ricardo Mella de Vigo, por su colaboración.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLUE, J.L.; 1990. Atlas fitoclimático de España. Taxonomías. I.N.I.A. Madrid.
- ALONSO, M.; ROZADOS, M.J.; VEGA, J.A.; BARA, S. Y CUIÑAS, P.; 1998. Parámetros químicos indicadores de daños producidos por el fuego en *Pinus pinaster* Ait.: nutrientes, capacidad buffer, iminoácidos y compuestos fenólicos. *Invest. Agr.: Sist. Rec. For.* 7(1, 2): 5-27.
- A.O.A.C. 1975. Método colorimétrico para la determinación de fósforo. *Official Methods of Analysis*. A.O.A.C. 12th Ed. 3061.
- BENOIT, R.E. & STARKEY, R.L.; 1968a. Enzyme inactivation as a factor in the inhibition of decomposition of organic matter by tannins. *Soil Sci.* 105 (4): 203-208.
- BENOIT, R.E. & STARKEY, R.L. 1968b. Inhibition of decomposition of cellulose and some other carbohydrates by tannins. *Soil Sci.* 105(5): 291-296.
- BRAY, B.M. & KURTZ, L.T.; 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- BREDA, N.; GRANIER, A. & AUSSÉNAC, G.; 1995. Effects of thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea* (Matt) Liebl.). *Tree Physiol.* 15: 295-306.
- BRENMER, J.M.; 1996. Nitrogen-Total. In: SSSA Book series: 5. *Methods of Soil Analysis*. Part 3. Chemical Methods. 1085-1185.
- CALVO, R.; Y MACIAS, F.; 2002. *Mapa de Suelos de Galicia*. Escala 1:50.000. Hoja 186. S.I.A.M. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.
- CARLYLE, J.C.; 1995. Nutrient management in a *Pinus radiata* plantation after thinning: the effect of thinning and residues on nutrient distribution, mineral nitrogen fluxes, and extractable phosphorus. *Can. J. Forest Res.* 25: 1278-1291.
- DOMÍNGUEZ, M.T.; 1987. Influencia de nutrientes y polifenoles vegetales en la humificación de la hojarasca de especies autóctonas e introducidas en la provincia de Huelva. *Colecc. Tesis Doctorales INIA* n° 69. Madrid.
- ENTRY, J.A.; STARK, N.M. Y LOEWENSTEIN, H.; 1986. Effect of timber harvesting on microbial biomass fluxes in a northern Rocky Mountain forest soil. *Can. J. Forest Res.* 16: 1076-1081.
- GANJEGUNTE, G.K.; CONDRON, L.M.; CLINTON, P.W.; DAVIS, M.R. & MAHIEU, N.; 2004. Decomposition and nutrient release from radiata pine (*Pinus radiata*) coarse woody debris. *Forest Ecol. Manag.* 187: 197-211.
- HOKKA, H.; PENTTILA, T. & HANELL, B.; 1996. Effect of thinning on foliar nutrient status of Scots pine stands on drained boreal peatlands. *Can. J. Forest Res.* 26: 1577-1584.
- JOKIC, A.; WANG, M.C.; LIU, C.; FRENKEL, A.I. & HUANG, P.M.; 2004. Integration of the polyphenol and Maillard reactions into a unified abiotic pathway for humification in nature: the role of δ -MnO₂. *Organic Geochem.* 35: 747-762.
- KIM, CH.; SHRIK, T.L. & JURGENSEN, M.F.; 1995. Canopy cover effects on soil nitrogen mineralization in northern red oak (*Quercus rubra*) stands in northern Lower Michigan. *Forest Ecol. Manag.* 76: 21-28.
- KIM, CH.; SHRIK, T.L. & JURGENSEN, M.F.; 1996. Canopy cover effects on mass loss,

- and nitrogen and phosphorus dynamics from decomposing litter in oak and pine stands in northern Lower Michigan. *Forest Ecol. Manag.* 80: 13-20.
- MARTÍNEZ, A. Y PÉREZ, A.; 1999. *Atlas Climático de Galicia*. Xunta de Galicia, Consellería de Medio Ambiente. Santiago de Compostela.
- PIPER, C.S.; 1950. *Soil and Plant Analysis*. The University of Adelaide. Adelaide.
- PRESCOTT, C.E.; 1997. Effects of clearcutting and alternative silvicultural systems on rates of decomposition and nitrogen mineralization in a coastal montane coniferous forest. *For. Ecol. Manag.* 95: 253-260.
- RIVAS, S.; 1987. *Memoria de Series de Vegetación de España*. Serie Técnica. INIA. ICONA.
- SCALBERT, A.; MONTIES, B. & JANIN, G.; 1989. Tannins in wood: comparison of different estimation methods. *J. Agric. Food Chem.* 37(5): 1324-1329.
- SINCLAIR, T.R.; 1992. Mineral nutrition and plant growth response to climate change. *J. Exp. Bot.* 43: 1141-1146.
- SON, Y.; LEE, W.K.; LEE, S.E. & RYU, S.R.; 1999. Effects of thinning on soil nitrogen mineralization in a Japanese larch plantation. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30: 2539-2550.
- SON, Y.; JUN, Y.C.H.; LEE, Y.Y.; KIM, R.H. & YANG, S.Y.; 2004. Soil carbon dioxide evolution, litter decomposition, and nitrogen availability four years after thinning in a Japanese Larch plantation. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 35(7-8): 1111-1122.
- STERBA, H.; 1988. Increment losses by full-tree harvesting in Norway spruce (*Picea abies*). *Forest Ecol. Manag.* 24: 283-292.
- TAYLOR, B.R.; PARKINSON, D. & PARSONS, W.F.J.; 1989. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. *Ecology* 70(1): 97-104.
- THIBODEAU, L.; RAYMOND, P.; CAMIRÉ, C. & MUNSON, A.D.; 2000. Impact of precommercial thinning in balsam fir stand on soil nitrogen dynamics, microbial biomass, decomposition, and foliar nutrition. *Can. J. For. Res.* 30: 229-238.
- VELÁZQUEZ MARTÍNEZ, A.; PERRY, D.A. & BALL, T.E.; 1992. Responses of aboveground biomass increment, growth efficiency, and foliar nutrients to thinning, fertilization, and pruning in young Douglas-fir plantations in the Central Oregon Cascades. *Can. J. For. Res.* 22: 1278-1289.
- VELÁZQUEZ MARTÍNEZ, A. & PERRY, D.A. 1997. Factors influencing the availability of nitrogen in thinned and unthinned Douglas-fir stands in the Central Oregon Cascades. *Forest Ecol. Manag.* 93: 195-203.
- VESTERDAL, L.; DALSGARD, M.; FELBY, C.; RAULUM-RASMUSSEN, K. AND JORGENSEN, B.B.; 1995. Effects of thinning and soil properties on accumulation of carbon, nitrogen and phosphorus in the forest floor of Norway spruce stands. *Forest Ecol. Manag.* 77:1-10.
- WALKLEY, A. AND BLACK, I.A.; 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38
- WOLLUM, A.G.; SCHUBERT, G.H. 1975. Effect of thinning on the foliage and forest floor properties of ponderosa pine stands. *Soil Sci., Soc. Amer. Proc.* 39: 968-972.
- YU, Z.; ZHANG, Q.; KRAUS, T.E.C.; DAHLGREN, R.A.; ANASTASIO, C. & ZASOSKI, R.J.; 2002. Contribution of amino compounds to dissolved organic nitrogen in forest soils. *Biogeochemistry* 61: 173-198.
- ZAC, D.R.; GRIAL, D.F.; GLEESON, S. & TILMAN, D.; 1990. Carbon and nitrogen cycling during old-field succession: constraints on plants and microbial biomass. *Biogeochemistry* 11: 111-129.