

EVOLUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN MINERAL EN TRES ECOSISTEMAS FORESTALES DE LA CUENCA DE CANDELARIO

J. F. Gallardo, I. Santa Regina

C. San Miguel, J. A. Egidio

M. I. M. González

J. Bustos y C. Pérez (Colaboración Técnica)

I.R.N.A. Salamanca

C.S.I.C.

SUMMARY.— Leaf and branch samples were taken during all four seasons of the year and they were analysed.

Statistical differences can be observed for nitrogen, C/N ratio, manganese, iron and zinc in leaves; and potassium, manganese, iron, copper and zinc in branches across the year.

No significant differences were observed when the total mineral evolution of the three ecosystems was analysed; because of this, the slight differences established in each ecosystem could be attributed to the intrinsic characteristics of the trees, rather than external factors (climatology, soils, antropozoogenic action).

RESUMEN.— Se han tomado muestras de hojas y ramas durante las cuatro estaciones del año, siendo posteriormente analizadas.

Se han establecido diferencias significativas para el nitrógeno, relación C/N, manganeso, hierro y zinc en hojas; y potasio, manganeso, hierro, cobre y zinc en ramas a través del año.

No se han observado diferencias significativas al analizar la evolución de la composición mineral total en los tres ecosistemas forestales, ya que las diferencias establecidas en cada ecosistema podrían ser atribuidas a las características intrínsecas de los árboles, más que a los factores externos (climatología, suelos, acción antropozógena).

INTRODUCCIÓN.

El contenido en elementos biógenos de la hojarasca de los árboles está sujeto a variaciones estacionarias importantes. Estas variaciones han sido el objeto de estudios diversos, entre los que sobresalen aquellos de OLSEN (1948), TAMM (1951) y LEROY (1968).

Las variaciones estacionarias confieren una gran importancia a la época de recogida de la hojarasca para su posterior análisis, aunque éstos no reflejan más que un instante determinado del ciclo de bioelementos, que corresponde a un período dado del año y también a un cierto estado de desarrollo de los individuos, ligado a su edad. Es pues interesante, a fin de situar los resultados en su total validez, conocer las variaciones de la composición mineral con la edad de los individuos o, también y preferiblemente, con la edad de sus órganos (SANTA REGINA, 1987).

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El área de estudio está localizada en la vertiente Norte de la Sierra de Candelario (Salamanca), donde se han seleccionado tres ecosistemas forestales que se encuentran situados con orientación NO y una inclinación media entre el 6 y el 25%.

El clima es mediterráneo húmedo, con una temperatura media anual de 15° C, siendo Enero el mes más frío (con temperaturas que oscilan entre 0° C y 6° C), y Julio y Agosto, los meses más cálidos (con 25° C de temperatura media). Las precipitaciones alcanzan aproximadamente 1.500 mm. anuales, con un máximo en invierno (600 a 700 mm.) y un mínimo de 0 a 100 mm. en verano.

El rebollar se desarrolla sobre un suelo de profundidad variable, clasificado como Cambisol húmico, sobre granito alterado y localizado a unos 1.350 m. de altitud. Su densidad media es de 850 pies/ha, una altura de 12 m. y un diámetro medido a 1.50 m. de 23 cm. El castaño se enclava hacia los 1.150 m. de altitud, sobre un Cambisol húmico, desarrollado sobre arena granítica. Su densidad media es de 8.000 fustes/ha, una altura de 9 m. y un diámetro de 4.5 cm. El pinar está situado a 1.500 m. de altura, su suelo es una asociación de Ránker y Cambisol húmico, sobre granito de alteración, existiendo sensibles variaciones de profundidad y pedregosidad. La densidad media es de 1.600 pies/ha, con una altura media de 10 m. y un diámetro de 12 cm.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Dentro de la zona de estudio se han seleccionado tres parcelas de experimentación situadas en : a) Un rebollar climácico de *Quercus pyrenaica*, b) Un castaño paraclimácico de *Castanea sativa* y c) Un pinar disclimácico de *Pinus sylvestris*.

Se han tomado muestras en las cuatro estaciones del año (21 de Mayo, 16 de Julio y 10 de Octubre de 1985, y 16 de Enero de 1986) de todos aquellos órganos que están presentes en el árbol durante el ciclo vegetativo, a saber: hojas y ramas en castaño y rebollo; acículas, estróbilos y ramas en pino; no se han tomado más órganos de los árboles, ya que presentan una marcada estacionalidad, caso de frutos y cúpulas en caducifolios.

Se ha efectuado el análisis químico por duplicado de elementos minerales constituyentes de las muestras tomadas. Los métodos de análisis son los tradicionalmente aceptados y ya citados por SANTA REGINA et al. (1986).

A estos datos se les ha aplicado el método estadístico LSD (mínimas diferencias significativas) para establecer la posible significancia de diferencias entre los diversos órganos por estaciones, dentro de cada ecosistema forestal (Fig. 1-3).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

1. Evolución anual en órganos (hojas y ramas).

Cualquiera que sea la especie considerada, el bosque es siempre pobre en elementos minerales, lo que se traduce globalmente por un contenido muy bajo en cenizas (DENAERYER-DE SMET, 1971); sin embargo, en órganos foliares de castaño, se observa una alta concentración de cenizas (con respecto a la bibliografía consultada) en la época de formación de estos órganos, debido sobre todo al alto contenido de potasio; en invierno se mantiene una alta acumulación, por el elevado porcentaje de calcio. Sin embargo, en hojas de rebollo, se determinan valores algo más elevados, en verano y otoño, dadas las mayores concentraciones de potasio durante estos mismos periodos. De todas formas no se establecen diferencias significativas entre el contenido porcentual de cenizas entre las diversas estaciones del ciclo considerando los órganos foliares en conjunto.

En ramas de castaño se establecen valores algo más elevados en invierno, debido al alto porcentaje de calcio; en órganos leñosos de rebollo, se estiman concentraciones en cenizas algo más elevadas en verano, por el mayor contenido de magnesio durante la época estival; asimismo, en ramas de pino, es en verano donde se determina el mayor contenido en cenizas, debido al mayor porcentaje de calcio, fósforo y potasio. En los estróbilos, se puede observar un decrecimiento no significativo a través del período de estudio, dados los bajos porcentajes de fósforo, y potasio en invierno.

En hojas no se aprecian diferencias significativas del comportamiento de *carbono total* durante las cuatro estaciones del ciclo vegetativo. En ramas se observa una evolución similar a la de hojas, aunque un máximo contenido en carbono parece darse en la época estival (Fig. 2).

El contenido de *nitrógeno* en órganos foliares (Fig. 1), de los tres ecosistemas considerados evoluciona de modo que disminuye a lo largo del ciclo vegetativo, estableciéndose diferencias significativas entre invierno y las otras tres estaciones, por lo que es evidente que se pierde nitrógeno antes de la abscisión total,

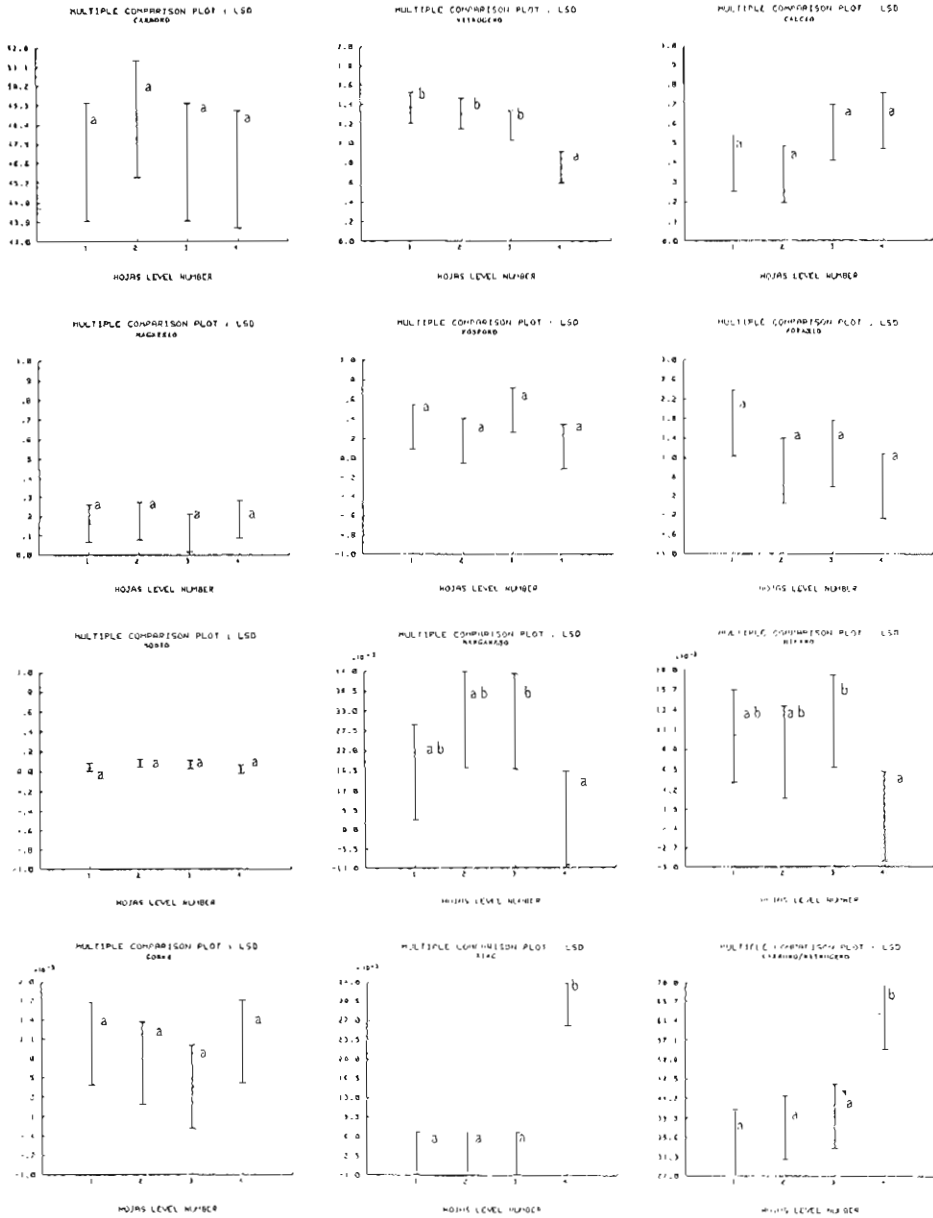


Fig. 1: Diferencias entre bioelementos de la hojarasca en órganos foliares de los tres ecosistemas forestales.

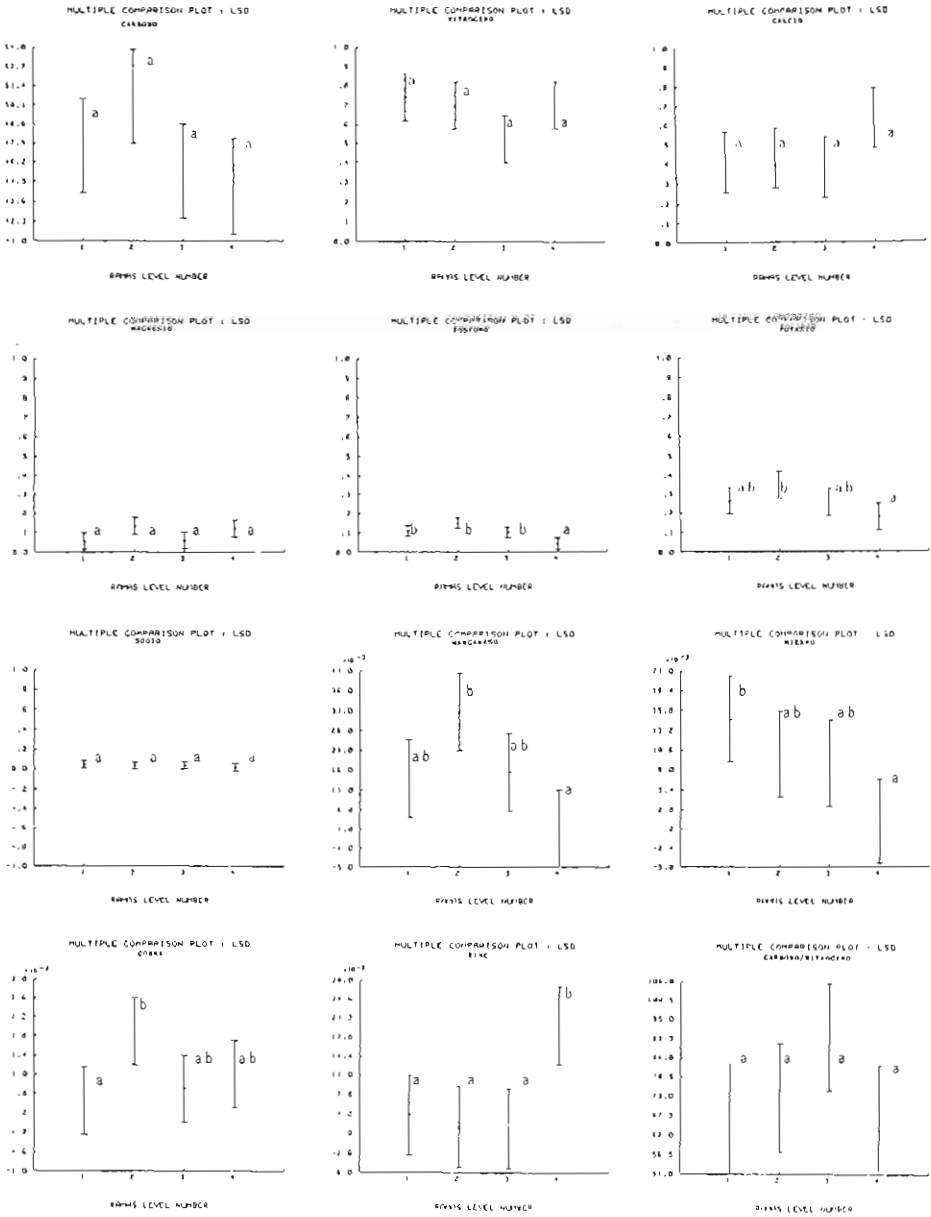


Fig. 2: Diferencia entre bioelementos de la hojarasca en órganos leñosos de los tres ecosistemas forestales.

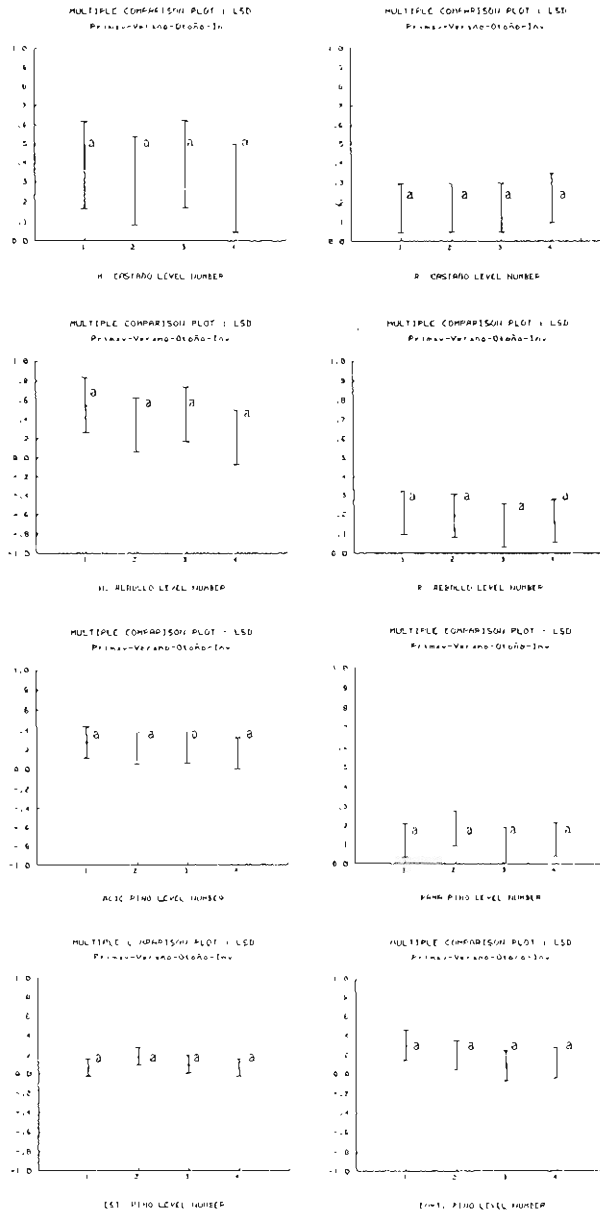


Fig. 3: Diferencias entre la evolución de la composición química en los distintos órganos y bosques considerados.

pasando a los órganos leñosos. Esta teoría está de acuerdo con los estudios de numerosos autores (OLSEN, 1948), resaltando que las hojas tienen una necesidad importante desde su crecimiento, y luego se establece una ligera disminución de la concentración hasta el momento previo de su abscisión, debido a una redistribución interna por salida de este elemento hacia las partes perennes del árbol, o por una regulación de este organismo vegetal para disminuir su contenido de nitrógeno a lo largo de todo el período de investigación; es una regulación del ecosistema forestal que la capacita mejor para su asentamiento sobre suelos de escasa fertilidad y la consecución en ellos de niveles de productividad y desarrollo de biomasa inalcanzable para otros tipos de comunidades vegetales (MILLER et al. 1979).

Se mantienen altas exigencias de *calcio* en órganos foliares a lo largo de todo el ciclo de experimentación, lo que refleja la exigencia de este elemento en hojas de estos bosques, que se manifiesta por una necesidad importante en el momento de su formación (RAPP, 1971). Esta marcada acumulación de calcio en órganos foliares, está de acuerdo con la teoría de DENAEYER-DE SMET (1969): las concentraciones de calcio en hojas se elevan durante su desarrollo, contribuyendo a la progresiva lignificación de tejidos. Los datos obtenidos corroboran esta tendencia, ya que se alcanza la mayor concentración al final del ciclo vegetativo en órganos foliares (durante el período invernal), en aquellas hojas que quedan esclerotizadas sobre las ramas de los árboles y que sólo retornan al suelo por acción del viento o lluvia. En ramas, se detecta el mismo proceso, sobre todo al final del período considerado, por la tendencia a acumularse calcio en órganos lignificados; al final del ciclo vegetativo considerado se observa un enriquecimiento, como también lo han constatado otros autores (RAPP, 1984).

Las necesidades nutricionales de *magnesio* en hojas, se caracterizan por una tendencia más homogénea en su comportamiento estacional, aunque al igual que el calcio, se eleva algo el porcentaje antes de la abscisión de las últimas hojas, ya en el período invernal, teoría confirmada por los resultados obtenidos por GUHA & MITCHEL (1966) y LEE & CORREL (1978); sin embargo, dichas estimaciones no están muy de acuerdo con aquellos de REMEZOV (1959), KOZLOWSKY (1971) y TURNER et al. (1972), que contemplan disminuciones más o menos importantes en los contenidos de magnesio en hojas a lo largo de su desarrollo. Al igual que en hojas, en ramas (Fig. 2) tampoco se establecen diferencias significativas en el contenido de magnesio durante las cuatro estaciones; sin embargo, se pudiera intuir una eliminación de forma activa por parte del árbol, como lo indican los estudios realizados por GUHA & MITCHEL (1966) y LEE & CORREL (1978).

Tampoco se establecen diferencias significativas en cuanto al contenido de *fósforo* en órganos foliares (Fig. 1); al final del Otoño parece que se pierde algo, corroborando los resultados de ciertos autores de una pérdida de fósforo por secreción radicular (VINOKUROV & TURMENKO, 1958; OVIINGTON, 1962). En ramas se observan pérdidas durante la época otoñal, estableciéndose diferencias significativas del invierno con respecto a las demás estaciones (Fig. 2). A conclusiones idénticas han llegado en sus investigaciones GUHA & MITCHELL (1966)

y TURNER et al. (1972), por lo que se constatan posibles mecanismos fisiológicos, propios del árbol, que tienden a la conservación de este elemento mineral en los órganos vegetales.

Tampoco se observan diferencias significativas del contenido de *potasio* en órganos foliares; sin embargo, se observa que en la época primaveral hay una mayor exigencia de este elemento, probablemente como consecuencia de una actividad de transpiración intensa, o de una actividad estomática importante (FISCHER, 1972); su contenido relativo disminuye después del período de máxima actividad fotosintética (REMEZOV, 1959), quizás provocado por pérdidas debidas a la secreción y por necesidades de las jóvenes hojas para su crecimiento (RAPP, 1971), disminuyendo al momento de la abscisión, al igual que lo corrobora RAPP (1971), quien señala que la cantidad de potasio no parece estar regulada por ningún procedimiento fisiológico del árbol dada su alta movilidad; no obstante, su alta movilidad ocasiona una circulación rápida de este elemento desde unos órganos a otros del árbol, como lo ha constatado DENAEYER-DE SMET (1971). En ramas se establecen diferencias significativas entre la estación invernal con respecto al verano, por lo que el árbol parece evitar las posibles oclusiones de este elemento en las ramas.

No se estiman diferencias significativas en cuanto al contenido de *sodio* tanto en órganos foliares como en órganos leñosos; de todas formas, son escasísimas las concentraciones de este alcalino puestas en circulación.

Se establece una mayor concentración de *manganeso* en Verano y Otoño en los órganos foliares (Fig. 1), como ya lo ha constatado OLSEN (1948), AUSSE-NAC et al. (1972), TURNER et al. (1972) y LEE & CORREL (1978), estableciéndose diferencias significativas entre estas estaciones y el Invierno, donde el árbol alcanza la menor concentración de este elemento, por el aporte al suelo de sus órganos foliares. En ramas (Fig. 2), la máxima exigencia en el contenido de este elemento se establece en Verano, y la menor en Invierno, durante la época de máximo desfronde de los órganos leñosos, por lo que este elemento se ocluye de forma minoritaria.

El *hierro* prosigue una evolución similar al manganeso, perdiéndose al final de la vida de estos órganos, por lo que se evitan pérdidas de este elemento por oclusión; algunos autores corroboran la teoría de un incremento durante las fases de desarrollo foliar (BARES & WALI, 1979). En ramas, al igual que en hojas (Fig. 2) se establecen diferencias significativas en la composición de hierro, entre Primavera e Invierno, determinándose las mayores exigencias durante la época de eclosión vegetal.

El *cobre*, en órganos foliares (Fig. 1), no presenta diferencias significativas; de todas formas, son escasas las concentraciones puestas en juego. En ramas (Fig. 2), los mayores requerimientos en cobre parecen darse durante el período de máxima actividad fotosintética, existiendo diferencias significativas entre esta estación y la Primavera.

Con respecto al contenido relativo de *zinc*, se establece una eliminación activa de este elemento, tanto en hojas como en ramas, ya que se establecen diferencias significativas entre el contenido porcentual en Invierno, con respecto a las

otras estaciones; no obstante, hay que tener en cuenta que el aumento final puede ser relativo, con respecto a la concentración de los demás elementos, ya que durante las tres primeras estaciones su contenido permanece prácticamente invariable.

Se determinan diferencias significativas en cuanto a la relación *C/N*, del Invierno con respecto a las demás estaciones del ciclo vegetativo en hojas (Fig. 1), indicadas por la pérdida de nitrógeno. En ramas (Fig. 2), no se establecen diferencias significativas, aunque esta relación *C/N* parece aumentar en la época otoñal.

2. Evolución anual en ecosistemas.

No se establece en ningún caso, diferencias significativas en la variación estacionaria de la composición química total de las muestras (Fig. 3). Asimismo, se han observado, pequeñas diferencias significativas al aplicar el método estadístico, a los órganos foliares de los tres bosques en conjunto, y a los órganos leñosos por otro lado. Estas pequeñas diferencias significativas observadas son más bien debidas a la fisiología del árbol (características intrínsecas) que a los factores externos.

CONCLUSIONES.

Se han establecido diferencias significativas para el nitrógeno, relación *C/N*, manganeso, hierro y zinc en hojas y potasio, manganeso, hierro, cobre y zinc en ramas a través del año.

No se han observado diferencias significativas al analizar la evolución de la composición mineral total en los tres ecosistemas forestales.

Agradecimiento: Los autores agradecen a la Junta de Castilla y León la subvención que hizo posible este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- AUSSENAC, G.; BONNEAU, M.; LE TACON, F. (1972): «Restitution des éléments minéraux au sol par l'intermédiaire de la litière et des précipitations dans quatre peuplements forestiers de l'est de la France». *Oecol. Plant. Gauthier-Villar*, 7, 1-21.
- BARES, R. M.; WALI, M. K. (1979): «Chemical relations and litter production of *Picea mariana* and *Larix laricina* stand on an alkaline peatland in Norther Minnesota». *Vegetatio*, 40, 79-94.
- DENAËYER-DE SMET, S. (1969): «La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont. Apports d'éléments minéraux para les eaux de précipitations d'égouttement sous couvert forestier et d'écoulement le long des troncs». *Bull. Soc. Roy. Belg.*, 102, 355-372.
- DENAËYER-DE SMET, S. (1971): «Teneur en éléments biogènes des tapis végétaux dans les forêts caduficiliées d'Europe». In: «Productivité des écosystèmes forestiers». *Actas Coll. Bruxelles, UNESCO.*, 615-625.

- FISCHER, P. A. (1972): «Le rôle du potassium dans l'ouverture des stomates». *Revue de la Potasse*, 3, 1-11.
- GUHA, M.; MITCHELL, R. L. (1966): «The trace and major element composition of the leaves of some deciduous trees: Seasonal changes». *Plant and Soil*, 24, 90-112.
- KOZLOWSKI, T. T. (1971): «Growth and development of trees». Academic Press, New York and London.
- LEE, K. E.; CORRELL, R. L. (1978): «Litter fall and its relationship to nutrient cycling in a South Australian dry sclerophyll forest». *Aust. J. Ecol.*, 3, 243-252.
- LEROY, P. (1968): «Variations saisonnières des teneurs en eau et éléments minéraux des feuilles de chênes (*Quercus pedunculata*)». *Ann. Sci. For.*, 25, 83-117.
- MILLER, H. G.; COOPER, J. M.; MILLER, J. D.; PAULINE, O. J. L. (1979): «Nutrient cycles in pine and their adaptation to poor soils». *Can. J. For. Res.*, 9, 19-26.
- OLSEN, C. (1948): «The mineral, nitrogen and sugar content of beech leaves and beech sap at various times». *C. R. Lab. Carlsberg, Ser. Chim.*, 26, 197-230.
- OVINGTON, J. D. (1962): «Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept». *Adv. Ecol. Res.*, 1, 103-203.
- RAPP, M. (1971): «Cycle de la matière organique et des éléments minéraux dans quelques écosystèmes méditerranéens». Editions du C. N. R. S., Paris, 184 pp.
- RAPP, M. (1984): «Répartition et flux de matière organique dans un écosystème à *Pinus pinea* L.». *Ann. Sci. For.*, 41, 253-272.
- REMEZOV, N. P. (1959): «Methods of studying the biological cycle of elements in forest». *Soviet Soil Sci.*, 1, 71-79.
- SANTA REGINA, I. (1987): «Contribución al estudio de la dinámica de materia orgánica y bioelementos en bosques de la Sierra de Béjar». Tesis Doctoral. Univ. de Salamanca. 464 pp.
- SANTA REGINA, I.; SAN MIGUEL, C.; GALLARDO, J. F. (1986). «Reciclaje de materia orgánica y bioelementos en bosques de la Sierra de Béjar. I. Primeros resultados. IDEEA, Soria. 1, 389-403.
- TAMM, C. O. (1951): «Seasonal variation in composition of birch leaves». *Physiol. Plant.*, 4, 461-469.
- TURNER, J.; COLE, D. W.; GESSEL, S. P. (1972): «Mineral nutrient accumulation and cycling in a stand of red alder (*Alnus rubra*)». Oak Ridge Research Site Annual Progress Report.
- VINOKUROV, M. A.; TIURMENKO, A. N. (1958): «Le cycle biologique de l'azote et du phosphore en forêt». *Pochvovedenie*, 2, 98-102.