

RETORNO AL SUELO DE MATERIA ORGÁNICA Y BIOELEMENTOS MINERALES EN DOS BOSQUES ALTOARAGONESES*

P O R

B. ALVERA**

I. INTRODUCCIÓN

Una de las fases del ciclo biogeoquímico de los elementos minerales en un bosque es la formada por el retorno de dichos elementos desde los vegetales al suelo. Los bioelementos minerales cubren esta parte del ciclo transportados principalmente por dos vehículos: la caída de hojarasca (hojas, corteza, frutos, flores, ramas y otros órganos) y el agua meteórica que lava las superficies vegetales arrastrando los elementos hasta el suelo. En esta comunicación se exponen los primeros resultados obtenidos sobre la contribución de la caída de hojarasca en varios elementos minerales indispensables y nitrógeno en dos pinares altoaragoneses, y son parte del estudio del ciclo completo que está en marcha.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

El material se obtuvo de un pinar de pino albar (*Pinus sylvestris* L.) con estrato arbustivo de acebo (*Ilex aquifolium* L.) y estrato herbáceo, distribuido en manchas, con abundancia de lastón (*Brachypodium pinnatum* L.), situado en San Juan de la Peña, a 1230 m de altitud y orientado hacia el S con ligera pendiente (PUIGDEFÁBREGAS, 1973). El otro bosque es un pinar de la misma especie con abundantes árboles y arbustos planifolios, entre los que destacan el quejigo (*Quercus* sp.), el boj (*Buxus sempervirens* L.) y otras especies menos representadas —y cuyas hojas están incluidas en la fracción «hojas varias» de la caída de hojarasca— como *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, *S. aria* (L.) Crantz, *Amelanchier ovalis*

* Comunicación presentada al VII Congreso Internacional de Estudios Pirenaicos. Seo de Urgel, septiembre de 1974.

** Centro pirenaico de Biología experimental. Apartado, 64. JACA (Huesca).

Medicus, *Acer opalus* Miller; también incluimos en esa fracción al muérdago —*Viscum album* L.— y otras especies; el estrato herbáceo es muy escaso. Está situado en El Boalar de Jaca, sobre una ladera de fuerte pendiente orientada al N y entre 1000 y 1300 m de altitud.

La hojarasca caída se cosechaba mediante unos colectores formados por una caja cuadrada de una superficie de 0,25 m², con paredes de 15 cm y el fondo de malla fina de material plástico, que deja pasar el agua de lluvia y retiene la hojarasca. Los colectores fueron colocados al azar en número de diez en San Juan y doce en El Boalar.

En San Juan las ramas de diámetro superior a 1 cm se recogieron de 15 cuadrados de 5 m de lado marcados sobre el suelo al azar. La producción de hojarasca de lastón se asimiló a la biomasa cortada en noviembre de once cuadrados de 0,5 m de lado (ALVERA, 1973).

Las cosechas se realizaban quincenal o mensualmente entre octubre de 1971 y septiembre de 1972 en San Juan y entre septiembre de 1972 y agosto de 1973 en El Boalar.

El material se separaba en distintas fracciones: acículas, corteza, flores, ramas, escamas, conos (todo de pino), y hojas y ramas de otras especies, y quedaba una fracción sin separar formada por todo lo no incluido en las demás fracciones. Se secaba hasta peso constante a 105°C.

Análisis químico. — Después de molidas las muestras, se incineraban en mufla a 450-500°C durante 48 horas. Las cenizas se disolvían en ácido clorhídrico diluido en agua (en proporción 1:1) caliente. De la solución obtenida se analizaba el fósforo por colorimetría del amarillo vanadomolibdofosfórico (DUQUE MACÍAS, 1971), potasio por fotometría de llama, calcio, magnesio, manganeso, cobre, hierro y cinc por espectrofotometría de absorción atómica. El nitrógeno se analizaba por el método Kjeldhal. Para evitar interferencias en las determinaciones de calcio y magnesio se enriquecían con 5.000 p.p.m. de estroncio las diluciones utilizadas para ambos elementos.

Todos los análisis se realizaron por duplicado. Los duplicados eran buenos en general, variando mucho con los elementos: las mejores repeticiones se conseguían con P, Mg, Mn y Zn, y las peores con K.

TABLA I

Concentraciones de los distintos elementos en las diferentes fracciones de la caída de hojarasca, en el pinar de San Juan de la Peña.

	Pinus sylvestris										
	Acículas	Corteza	Flores	Ramas finas	Conos	Yemas y escamas	Hojas de acebo	Ramas gruesas	Lastón	Varios	Total
N	0,56	0,46	1,04	0,51	0,52	0,45	0,75	0,30	1,15	1,05	0,62
P	0,025	0,020	0,054	0,028	0,038	0,030	0,040	0,010	0,061	0,060	0,030
K	0,163	0,047	0,260	0,060	0,192	0,110	0,892	0,090	0,849	0,325	0,233
Ca	1,21	1,29	0,49	0,79	0,11	0,31	1,62	0,26	0,52	1,78	1,07
Mg	0,074	0,031	0,072	0,037	0,032	0,039	0,228	0,022	0,074	0,097	0,073
Mn	903,0	82,0	156,5	117,0	54,4	127,8	1241,3	37,4	169,1	720,5	592,7
Fe	110,7	253,9	131,2	272,6	171,9	177,2	94,3	109,8	123,3	63,9	142,7
Cu	3,55	3,06	6,60	7,67	5,81	3,89	4,71	2,23	3,07	7,96	4,24
Zn	38,0	36,2	28,5	35,5	29,3	33,0	64,1	15,8	23,1	52,2	37,3

N, P, K, Ca y Mg en % en peso seco; Mn, Fe, Cu y Zn en p.p.m. de peso seco.

TABLA II

Concentraciones de los distintos elementos en las diferentes fracciones de la caída de hojarasca, en el pinar de El Boalar

	Pinus sylvestris					Hojas					
	Acículas	Corteza	Flores	Yemas y escamas	Ramas	Boj	Quejigo	Varios	Ramas varias	Varios*	Total
N	0,49	0,41	1,18	0,57	0,58	1,47	0,84	0,87	0,78	(1,05)	0,71
P	0,024	0,021	0,067	0,038	0,028	0,059	0,024	0,058	0,032	(0,060)	0,034
K	0,145	0,043	0,168	0,123	0,058	0,322	0,231	0,964	0,132	(0,325)	0,248
Ca	0,98	1,12	0,41	0,44	0,84	2,94	2,21	2,40	1,95	(1,78)	1,49
Mg	0,078	0,026	0,072	0,054	0,036	0,148	0,135	0,250	0,063	(0,097)	0,099
Mn	290,5	59,1	75,9	76,3	73,0	96,6	282,1	122,5	89,5	(720,5)	216,8
Fe	63,2	221,8	97,4	150,0	141,4	86,9	62,4	98,3	115,2	(63,9)	96,4
Cu	3,32	3,94	7,82	6,39	4,13	4,40	4,03	9,79	7,63	(7,96)	4,93
Zn	45,4	40,0	32,0	33,6	43,2	21,4	24,2	49,9	41,2	(52,2)	40,4

N, P, K, Ca y Mg en % de peso seco; Mn, Fe, Cu y Zn en p.p.m. de peso seco.

* Concentraciones de la misma fracción en el pinar de San Juan de la Peña.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas I y II se indican las concentraciones medias de los distintos elementos en las diferentes fracciones de la hojarasca caída en San Juan y en El Boalar, respectivamente (para la fracción «varios» de El Boalar no disponemos de los resultados y hemos tomado las concentraciones de la misma fracción de San Juan). La concentración media para cada fracción se obtuvo promediando las concentraciones de las muestras sucesivas (de un mes o de dos meses, o de períodos más largos, incluso para alguna fracción se tiene una sola muestra que corresponde a todo el año) separadas para cada fracción (el modo de agrupar las muestras mensuales cosechadas para cada fracción dependía de la cantidad que se tenía de cada una).

Al observar las tablas I y II resalta el hecho de que, en general, las hojas de los planifolios tienen concentraciones relativamente más altas (comparadas con las demás fracciones) de casi todos los elementos. Las concentraciones más altas de N se alcanzan en las hojas de boj y lastón. El fósforo es más abundante en las flores de pino y algunas hojas. El potasio tiene una concentración mucho más alta en las hojas varias de El Boalar y en las de acebo y lastón de San Juan. Las hojas de planifolios, sobre todo las de boj, son en general más ricas en calcio. El magnesio es más abundante en las hojas, especialmente las de acebo y las «varias» de El Boalar. Para el manganeso hay una gran diferencia entre los dos bosques, siendo las concentraciones más altas en San Juan, entre las que destacan las hojas de pino y acebo. El hierro está especialmente concentrado en la corteza del pino en ambos bosques. El cobre en la fracción «varios» de San Juan, en la de «hojas varias» de El Boalar y en las flores de pino de ambos bosques. Y por último el cinc está presente en mayor proporción en las hojas de acebo.

En las tablas III y IV se indican las producciones de hojarasca y el retorno al suelo de elementos en las distintas fracciones para San Juan y El Boalar, respectivamente. Si ordenamos los elementos de mayor a menor según la cantidad que cae al suelo con la hojarasca obtenemos estas dos series:

San Juan Ca > N > K > Mg > Mn > P > Fe > Zn > Cu
El Boalar Ca > N > K > Mg > P > Mn > Fe > Zn > Cu

Como se ve la única diferencia está en que el manganeso y el fósforo intercambian sus puestos.

RODIN Y BAZILEVICH (1965) colocan al nitrógeno por delante del calcio en las series de elementos que retornan al suelo con la hojarasca en todos los pinares. Aquí hemos encontrado que el calcio es

TABLA III

Retorno al suelo de materia orgánica y elementos minerales en el bosque de San Juan de la Peña.

Pinus sylvestris											
	Acículas	Corteza	Flores	Ramas finas	Conos	Yemas y escamas	Hojas de acebo	Ramas gruesas	Lastón	Varios	Total
Prod.	2013,2 ± 219,1	520,9 ± 77,6	267,8 ± 35,7	325,9 ± 88,5	92,0 ± 44,4	106,2 ± 11,8	298,9 ± 27,4	206,1 ± 37,1	193,2 ± 18,2	177,6 ± 51,3	4201,8 ± 494,6
N	11,32	2,40	2,78	1,66	0,47	0,48	2,24	0,62	2,22	1,87	26,06
P	0,503	0,104	0,145	0,091	0,035	0,032	0,120	0,021	0,118	0,107	1,276
K	3,28	0,24	0,70	0,20	0,18	0,12	2,67	0,19	1,64	0,58	9,80
Ca	24,36	6,72	1,31	2,57	0,10	0,33	4,84	0,54	1,00	3,16	44,93
Mg	1,49	0,16	0,19	0,12	0,03	0,04	0,68	0,05	0,14	0,17	3,07
Mn	1817,9	42,7	41,9	38,1	5,0	13,6	363,0	7,7	32,7	128,0	2490,6
Fe	222,9	132,3	35,1	88,8	15,8	18,8	28,2	22,6	23,8	11,3	599,6
Cu	7,15	1,59	1,77	2,50	0,54	0,41	1,41	0,46	0,59	1,41	17,83
Zn	76,5	18,9	7,6	11,6	2,7	3,5	19,2	3,3	4,5	9,3	156,9

Prod. (producción de hojarasca), N, P, K, Ca y Mg en kg/ha. año; Mn, Fe, Cu y Zn en g/ha. año.

el nutriente más abundante, como parece ser el caso de los bosques caducifolios. Pero otros autores citan series parecidas a la que hemos encontrado, con el calcio como primer elemento, seguido del nitrógeno, para bosques del género *Pinus*. Concretamente RAPP (1967) para *P. halepensis*, MANAKOV (en RODIN Y BAZILEVICH) para *P. sylvestris*, y WILL (1959) para *P. negra* (laricio). En otros lugares las diferencias entre los dos elementos son mínimas, de modo que no podemos considerar como excepcional el hecho de que el calcio preceda al nitrógeno en nuestras series. Además al tener ambos pinares, especialmente el de El Boalar, abundantes acompañantes planifolios la situación tendería a parecerse a la que se encuentra en bosques de caducifolios. Creemos que hay pocos datos sobre esta parte del ciclo de los elementos minerales en bosques del género *Pinus* y a eso puede deberse la discrepancia entre algunos resultados.

El hecho de que el manganeso preceda al fósforo en San Juan

TABLA IV

Retorno al suelo de materia orgánica y elementos minerales en el bosque de El Boalar

	Pinus sylvestris					Hojas					Total
	Acículas	Corteza	Flores	Yemas y escamas	Ramas	Boj	Quejigo	Varios	Ramas varias	Varios	
Prod.	1628,8 ±258,1	435,7 ±73,2	104,9 ±21,1	103,3 ±17,2	309,5 ±111,7	375,8 ±68,0	433,5 ±94,4	451,0 ±104,0	216,7 ±47,8	217,2	4275,7 ±324,5
N	7,98	1,79	1,24	0,59	1,80	5,52	3,64	3,92	1,69	2,28	30,45
P	0,391	0,091	0,070	0,039	0,087	0,222	0,104	0,262	0,069	0,130	1,465
K	2,36	0,19	0,18	0,13	0,18	1,21	1,00	4,35	0,29	0,71	10,60
Ca	15,96	4,88	0,43	0,45	2,60	11,05	9,58	10,82	4,23	3,87	63,87
Mg	1,27	0,11	0,08	0,06	0,11	0,56	0,59	1,13	0,14	0,21	4,24
Mn	473,2	25,7	8,0	7,9	22,6	36,3	122,3	55,2	19,4	156,5	927,1
Fe	102,9	96,6	10,2	15,5	43,8	32,7	27,1	44,3	25,0	13,9	412,0
Cu	5,41	1,72	0,82	0,66	1,28	1,65	1,75	4,42	1,65	1,73	21,08
Zn	73,9	17,4	3,4	3,5	13,4	8,0	10,5	22,5	8,9	11,3	172,9

Prod. (producción de hojarasca), N, P, K, Ca y Mg en kg/ha. año; Mn, Fe, Cu y Zn en g/ha. año.

es raro, pues siempre se incluye al primero entre los micronutrientes y al segundo entre los macronutrientes.

Es difícil comparar los resultados obtenidos con otros bosques de coníferas, pues conocemos muy pocos datos (para los micronutrientes hierro, zinc y cobre no conocemos ninguno), pero, dentro de la gran variabilidad que se observa de unos lugares a otros, todos los datos que tenemos son de la misma magnitud que los encontrados en referencias. Creemos que lo que más destaca es el fósforo, para el que encontramos valores más bajos que cualquiera de los citados.

En las tablas I a IV se puede observar que, para la hojarasca total, tanto las concentraciones como las cantidades que llegan al suelo son mayores en El Boalar que en San Juan, para todos los elementos excepto dos (manganeso y hierro). Esto se debe a la abundante presencia de frondosas en El Boalar, que con hojas de mayor contenido, en general, que las fracciones procedentes del pino, contribuyen de una manera muy importante al ciclo de los

elementos. En San Juan el acebo cumple igual función que los planifolios en El Boalar, pero al tener mucho menos biomasa su contribución global no es tan importante. Para ver esta influencia de los planifolios en el retorno de los minerales en ambos bosques podemos observar la tabla V, en la que se indica la proporción con que contribuyen a la producción de hojarasca y al retorno de cada elemento. Como se ve, en El Boalar casi la mitad de la masa de los elementos estudiados (% T. el.) llega al suelo por los planifolios,

TABLA V

	% Prod.	% Ca	% N	% K	% Mg	% P	% Mn	% Fe	% Zn	% Cu	% T. el.
El Boalar	7	11	9	27	22	9	15	5	12	8	12
El Boalar	29	49	43	62	54	40	23	25	24	37	48

aunque su contribución a la producción de hojarasca sólo es de, aproximadamente, el 30 %. En San Juan la contribución relativa del acebo en bioelementos es mayor comparativamente que la de los planifolios en El Boalar, pero debido a su poca importancia al producir hojarasca (sólo el 7 %), su contribución global es menor.

La fracción de hojarasca que contribuye con la mayor cantidad de todos los elementos (excepto el potasio en El Boalar para el que va primero las «hojas varias») son las acículas de pino, que no tienen en general concentraciones altas, pero su contribución a la producción es tan importante (48 % del total en San Juan y 38 % en El Boalar) que compensan las bajas concentraciones.

La producción de hojarasca es muy parecida en ambos bosques*, pero la composición de la misma es muy diferente, como reflejo fiel de la vegetación de la que proceden. En San Juan el pino da el 84 % de la hojarasca total y en El Boalar sólo el 60 %. La relación de hojarasca no foliar a la de hojas, que según KIRA y SHIDEI (1967) es mayor que 1/2 en todos los casos y se aproxima a la unidad en algunos bosques climáticos, es en San Juan de 2/3 y en El Boalar aproximadamente de 1/2; según esta relación el bosque de San Juan es más maduro que el de El Boalar, y este criterio coincide con otros.

También se destaca el hecho de que dos bosques con biomasa tan distintas —200 Tm/ha en San Juan; 100 Tm/ha en El Boalar, aproximadamente (PUIGDEFÁBREGAS, 1973 y comunicación personal)— tengan una producción de hojarasca prácticamente igual*.

* Esto puede deberse a que sólo se cita la producción de un año, sin referirse a variaciones interanuales existentes, como lo indica el dato de que la producción de hojarasca en San Juan para el segundo año de medidas es aproximadamente de 5,6 Tm (un 33 % mayor que en el primer año).

AGRADECIMIENTO

El autor agradece profundamente los consejos y orientaciones recibidos de los doctores Armando Abadía (†) y Luis Heras, del Departamento de Suelos de la Estación experimental de Aula Dei (C. S. I. C.), en cuyo laboratorio se efectuaron los análisis de cationes, y sin cuya colaboración no hubiera podido realizarse este trabajo.

A Juan Puigdefábregas se le agradecen sus orientaciones y comentarios para la redacción de este artículo.

Y a Santiago Pérez y Ramón Galindo se les agradece su contribución en las tareas de clasificación y pesada de la hojarasca.

SUMMARY

Return of organic matter and mineral elements to the soil in two pyrenean forests.

Here are presented the first data on return of organic matter and minerals from the vegetation to the soil in two pyrenean forests.

1) a stand of *Pinus sylvestris* with *Ilex aquifolium* understory, at San Juan de la Peña.

2) a mixed forest of *Pinus sylvestris* and deciduous trees and shrubs (especially *Quercus* sp.) and a very dense thicket of *Buxus sempervirens* at Boalar de Jaca. The contribution of different fractions of litter fall (leaves and needles, flowers, fruits, bark, branches and twigs) to the organic matter and mineral elements is investigated.

These are the annual returns of litter and minerals in the San Juan's forest: litter-fall 4202, N 26,0, P 1,3, K 9,8, Ca 45, and Mg 3,1 kg/ha; Mn 2490,6, Fe 599,6, Cu 17,8 and Zn 156,9 g/ha.

In El Boalar's forest the annual amounts are: litter-fall 4276, N 30,5, P 1,5, K 10,6, Ca 64, and Mg 4,2 kg/ha; Mn 927,1, Fe 412,0, Cu 21,1 and Zn 172,9 g/ha.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVERA, B., 1973. — Estudios en bosques de coníferas del Pirineo Central. Serie A: Pinar con acebo de San Juan de la Peña: 1) Producción de hojarasca. *Pirineos*, **109**: 17-29, Jaca.
- DUQUE MACÍAS, F., 1971. — Determinación conjunta de fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y cinc en plantas. *An. Edaf. Agrob.*, **30** (3-4): 207-229, Madrid.
- KIRA, T. y SHIDEI, T., 1967. — Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific. *Jap. Jour. Ecol.*, **17** (2): 70-87, Sendai.
- PUIGDEFÁBREGAS, J., 1973. — Estudios en bosques de coníferas del Pirineo Central. Serie A. 3) Descripción de la parcela en estudio y estructura de la vegetación leñosa. *Pirineos*, **110** (en prensa).
- RAPP, M., 1967. — Production de litière et apport au sol d'éléments minéraux et d'azote dans un bois de pins d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). *Ecol. Plant.*, **2**: 325-338, París.
- RODIN, L. E. y BAZILEVICH, N. I., 1967. — *Production and Mineral Cycling in Terrestrial Vegetation*, 288 pp. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- WILL, G. M., 1959. — Nutrient return in litter and rainfall under some exotic-conifer stands in New Zealand. *N. Z. J. Agric. Res.*, **2**: 719-734.