

CENTRO DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA APLICADA DE SALAMANCA. C. S. I. C.
INSTITUTO DE ORIENTACION Y ASISTENCIA TECNICA DEL OESTE SALAMANCA

54

**EVOLUCIÓN Y VELOCIDAD DE DESCOMPOSICIÓN
DE LA HOJARASCA EN TRES BOSQUES
EN LA SIERRA DE BÉJAR (SALAMANCA)**

I. SANTA REGINA*

C. SAN MIGUEL*

J. F. GALLARDO*

Colaboración técnica: C. PÉREZ*

A N U A R I O

Vol. XI



S E P A R A T A

SALAMANCA

1986

217-231

**EVOLUCIÓN Y VELOCIDAD DE DESCOMPOSICIÓN
DE LA HOJARASCA EN TRES BOSQUES
EN LA SIERRA DE BÉJAR (SALAMANCA)**

I. SANTA REGINA*

C. SAN MIGUEL*

J. F. GALLARDO*

Colaboración técnica: C. PÉREZ*

SUMMARY: This work tries to know the evolution and decomposition rate of the forest litters on the site. Three located woods at the «Sierra de Béjar» mountains (Salamanca Province) have been selectionated: a climacic oakwood, a non disturbed chestnut grove and afforested pinewood. Quantitative and qualitative data are shown, and it is possible to conclude that: the speed rate of decomposition is similar on the three litters, and each bioelement has a peculiar conduct.

RESUMEN: El presente trabajo pretende conocer la evolución y velocidad de descomposición de hojarascas forestales en condiciones naturales; para ello se han seleccionado tres bosques de la Sierra de Béjar (Provincia de Salamanca): un rebollar climácico, un pinar de repoblación, y un castañar sin explotación antropozoógena en la actualidad. Se pretende una mejor comprensión del reciclaje de la materia orgánica y bioelementos en bosques, tanto en lo concerniente a su cuantificación, como dinámica y efectividad. Se concluye que la velocidad de descomposición es similar para las tres hojarascas, aunque teniendo cada bioelemento una conducta específica.

* Centro de Edafología y Biología Aplicada. C.S.I.C., Salamanca.

La fase hojarasca es un eslabón importante dentro de la evolución del ecosistema, contribuyendo a la acumulación de materia orgánica y bioelementos relacionados, y donde la masa, velocidad de descomposición y naturaleza química de los elementos del ciclo biogeoquímico son determinantes de la dinámica del ecosistema, el potencial de fertilidad y la edafogénesis (LEMME et al., 1973).

El ciclo de descomposición de la hojarasca consta de tres etapas (GONZÁLEZ et al., 1982):

- a) biodegradación rápida de la mayoría de hidrosolubles y polisacáridos, debido a la acción microbiana y de los pluviolavados,
- b) disminución lenta de los hidrosolubles fenólicos y hemicelulosas, por fragmentación, transporte, mezcla y biodegradación de la hojarasca, merced al ataque microbiano y mesofaunístico, y
- c) aumento del contenido en ligninas y proteínas, por transformación húmica y mineral, con lavado de los hidrosolubles neoformados.

Además de esta actividad biológica, es preciso tener en cuenta la influencia de los factores intrínsecos (contenido en bioelementos) y externos (temperatura, humedad, aireación y características edáficas), que condicionan la velocidad de descomposición de la hojarasca.

Recientemente SANTA REGINA y colaboradores (1984) han presentado una primera aproximación al problema.

El objetivo del presente trabajo es, pues, conocer la evolución y velocidad de descomposición de hojarascas de tres formaciones forestales en condiciones naturales, con el fin de tener una mejor comprensión del reciclaje de la materia orgánica y bioelementos asociados de los bosques de la Sierra de Béjar (Provincia de Salamanca).

MATERIAL Y MÉTODOS

Dentro del ecosistema forestal de la Sierra de Béjar se han seleccionado tres parcelas, situadas en: 1.^a) un rebollar climácico de *Quercus pyrenaica*; 2.^a) un castañar sin influencia antropozógena en la actualidad (*Castanea sativa*); y 3.^a) un pinar de repoblación de *Pinus sylvestris*; además existe una cuarta parcela en un claro del rebollar, que pretende ser representativa de una pradera de polifitas. En los cuatro lugares citados se colocaron bolsas cuadradas de 2 mm de malla (18, 18, 18 y 36, respectivamente), de una superficie de 900 cm², siguiendo el método de BOCOCK y GILBERT (1957). En el interior de cada una de las bolsas se colocaron 15 g de hojas o acículas recién caídas de cada ecosistema forestal, previamente secadas a temperatura ambiente; tam-

bién se colocaron en la pradera, con el objeto de comprobar si el propio medio tiene influencia significativa sobre la descomposición de la hojarasca. En resumen, de esta manera se sigue la evolución de las hojas de roble en rebollar, de castaño en castañar, y de acículas de pino en pinar; además, hojas o acículas de las tres especies, en pradera de polifitas.

Las bolsas se colocaron el día 14 de Diciembre de 1983 (Estado 0), retirándose al azar, por triplicado (en los tres bosques) y duplicado (en pradera) de cada una de las especies arbóreas, los días siguientes: 3 de Abril (Estado 1), 24 de Mayo (Estado 2); 27 de Junio (Estado 3), 18 de Agosto (Estado 4), 9 de Octubre (Estado 5) y 7 de Diciembre (Estado 6) de 1984. Una vez tomadas las bolsas, se determinó el peso total de cada una de ellas, así como su humedad a 80 °C, Carbono orgánico, Nitrógeno total, y los bioelementos Calcio, Magnesio, Fósforo, Potasio, Sodio, Hierro, Manganeso, Cobre y Zinc. Las muestras se limpiaron con aire, lavaron con agua desionizada, trituraron y calcinaron, básicamente de acuerdo con el procedimiento propuesto por CHAPMAN y PRATT (1979), disolviéndose en solución 1:1:8 de HNO₃:HCl:H₂O; según RAPP (1969) es preferible secar las muestras a 80 °C para evitar al máximo las pérdidas de sustancias (orgánicas y minerales) lábiles.

Los métodos analíticos utilizados fueron los siguientes: Carbono total, por vía seca mediante un Carmhograph 8 WOSTHOFF; Nitrógeno total, mediante un microkjeldahl BOUAT-AFORA (N.D.); Fósforo, colorimetría con metavanadato amónico (CHAPMAN et al., 1979); Potasio y Sodio, mediante fotómetro de llama VARIAN 1200; Calcio, Magnesio, Hierro, Manganeso, Cobre y Zinc, por espectrofotometría de absorción atómica VARIAN 1200 (CANTLE, 1982).

RESULTADOS

En las tablas 1, 2 y 3 se exponen los datos obtenidos (valores absolutos) sobre la evolución de la descomposición de la materia orgánica y distintos bioelementos citados en cada una de las hojarascas, en rebollar, castañar y pinar, dentro de su propio sistema (parcela) y en pradera, según se dijo anteriormente. Los datos se expresan por g de materia orgánica inicial en cada hojarasca; las cifras son de g en el caso de materia seca (M.S.); mg (x10⁻³) para los bioelementos C, N, Ca, Mg, P y K; y ppm (x10⁻⁶) de los restantes, Na, Mn, Fe, Cu y Zn; también se indican las pérdidas o ganancias ($\pm \Delta$) de cada bioelemento, expresado en porcentaje sobre la cantidad inicial supuesta (siempre 1 g, en todo caso, seca a 80° C).

Los datos aquí obtenidos se encuentran dentro de los márgenes de variación que citan otros autores en bosques templados, de características semejantes (DUVIGNEAUD et al., 1971; LEMEE et al., 1973; LEMEE, 1974, etc.).

TABLA 1
EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO ABSOLUTO DE BIOELEMENTOS EN HOJAS, REFERIDOS A UN GRAMO
DE MATERIA ORGÁNICA: *Q. PYRENAICA* (g/g HOJAS)

		M.S. (g/g _o)	C (x10 ⁻³)	N (x10 ⁻³)	Ca (x10 ⁻³)	Mg (x10 ⁻³)	P (x10 ⁻³)	K (x10 ⁻³)	Na (x10 ⁻⁶)	Mn (x10 ⁻⁶)	Fe (x10 ⁻⁶)	Cu (x10 ⁻⁶)	Zn (x10 ⁻⁶)	C/N
REBOLLO/ REBOLLAR	Estado 0	1.00	450	7.7	5.4	1.9	1.00	4.9	250	37	8	260	6	58
	Estado 1	0.92	450	7.6	5.2	1.8	0.83	1.5	180	24	12	20	2	59
	Estado 2	0.87	440	7.6	5.9	2.0	0.87	1.6	370	52	35	4	22	58
	Estado 3	0.84	440	7.6	5.6	1.3	0.92	0.3	340	302	412	4	24	58
	Estado 4	0.78	310	7.6	6.2	1.9	0.70	1.2	540	117	382	10	34	40
	Estado 5	0.76	290	8.1	4.8	1.5	0.84	2.0	390	213	745	15	25	36
	Estado 6	0.79	340	9.2	1.6	1.6	0.71	1.1	560	237	537	16	35	37
	± Δ (%)	-21	-24	+20	-70	-16	-29	-78	+146	+541	+6613	-94	+483	-21
REBOLLO/ PRADERA	Estado 0	1.00	450	7.7	5.4	1.9	1.00	4.9	250	37	8	260	6	58
	Estado 1	0.90	450	8.4	5.2	1.5	0.81	3.3	315	32	7	31	5	53
	Estado 2	0.82	422	8.6	6.1	1.5	0.66	0.7	517	39	2	5	22	49
	Estado 3	0.81	446	8.3	4.1	1.3	0.65	0.2	348	259	356	3	32	54
	Estado 4	0.75	323	8.7	6.2	1.2	0.77	0.8	518	75	128	8	30	37
	Estado 5	0.72	302	8.3	4.9	1.1	0.65	0.7	425	173	166	9	32	36
	Estado 6	0.68	272	6.6	1.9	1.4	0.82	0.9	401	190	299	13	36	41
	± Δ (%)	-32	-40	-14	-65	-26	-18	-82	+60	+414	+3638	-95	+500	-17

TABLA 2
EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO ABSOLUTO DE BIOELEMENTOS EN HOJAS, REFERIDOS A UN GRAMO
DE MATERIA ORGÁNICA: *C. SATIVA* (g/g HOJAS)

		M.S. (g/g _o)	C (x10 ⁻³)	N (x10 ⁻³)	Ca (x10 ⁻³)	Mg (x10 ⁻³)	P (x10 ⁻³)	K (x10 ⁻³)	Na (x10 ⁻⁶)	Mn (x10 ⁻⁶)	Fe (x10 ⁻⁶)	Cu (x10 ⁻⁶)	Zn (x10 ⁻⁶)	C/N
CASTAÑO/ CASTAÑAR	Estado 0	1.00	440	8.0	7.8	2.7	1.7	6.5	230	28	3	390	21	55
	Estado 1	0.92	440	7.8	7.0	2.3	0.8	1.2	304	26	52	31	5	56
	Estado 2	0.85	400	8.8	7.2	2.8	0.9	0.7	400	37	145	3	29	46
	Estado 3	0.80	400	9.1	6.2	2.4	0.7	0.2	360	240	560	4	34	44
	Estado 4	0.75	320	7.6	6.8	1.4	0.4	1.1	520	200	160	11	28	42
	Estado 5	0.71	310	6.8	5.2	1.4	0.8	0.9	497	85	298	7	23	46
	Estado 6	0.67	270	8.6	3.1	1.3	0.6	0.7	469	127	355	8	40	31
	± Δ (%)	-33	-39	+8	-60	-108	-65	-89	+104	+354	+11733	-98	+91	-24
CASTAÑO/ PRADERA	Estado 0	1.00	440	8.0	7.8	2.7	1.7	6.5	230	28	3	390	21	55
	Estado 1	0.87	430	6.2	5.3	2.0	0.8	1.4	183	21	11	29	2	69
	Estado 2	0.77	410	7.5	6.8	2.1	0.9	0.4	408	25	27	5	39	55
	Estado 3	0.74	390	8.7	4.4	1.5	0.8	0.2	281	185	36	3	67	45
	Estado 4	0.70	340	8.0	7.6	1.6	0.7	0.6	525	91	147	4	39	43
	Estado 5	0.69	300	7.5	5.5	1.3	0.7	1.0	421	131	152	45	46	40
	Estado 6	0.67	250	8.0	1.9	1.3	0.6	0.7	422	55	382	11	54	31
	± Δ (%)	-33	-43	0	-76	-52	-65	-89	+84	+97	+12633	-97	+155	-24

TABLA 3
EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO ABSOLUTO DE BIOELEMENTOS EN HOJAS, REFERIDOS A UN GRAMO
DE MATERIA ORGÁNICA: *P. SYLVESTRIS* (g/g HOJAS)

	M.S. (g/g _o)	C (x10 ⁻³)	N (x10 ⁻³)	Ca (x10 ⁻³)	Mg (x10 ⁻³)	P (x10 ⁻³)	K (x10 ⁻³)	Na (x10 ⁻⁶)	Mn (x10 ⁻⁶)	Fe (x10 ⁻⁶)	Cu (x10 ⁻⁶)	Zn (x10 ⁻⁶)	C/N
Estado 0	1.00	500	6.8	5.0	0.90	0.70	1.4	260	25	19	250	5	74
Estado 1	0.95	480	6.2	2.9	0.86	0.57	0.3	276	23	31	15	5	77
Estado 2	0.89	460	6.9	6.0	0.62	0.45	0.5	516	33	356	5	10	67
Estado 3	0.85	480	4.8?	4.7	0.60	0.43	0.3	281	221	459	4	9	100
Estado 4	0.81	330	6.8	6.1	0.57	0.65	0.4	527	130	486	9	19	49
Estado 5	0.68	290	10.1?	3.9	0.48	0.68	0.5	449	109	646	8	18	29
Estado 6	0.76	270	8.4	1.8	0.54	0.47	0.5	424	94	255	9	17	32
+ Δ (%)	-33	-46	+24	-64	-40	-33	-66	+63	+276	+1242	-96	+240	-42
Estado 0	1.00	500	6.8	5.0	0.90	0.70	1.4	260	25	19	250	5	74
Estado 1	0.90	460	5.6	6.0	0.72	0.27	1.1	297	22	5	20	2	82
Estado 2	0.88	470	6.6	5.3	0.62	0.44	0.4	431	30	2	4	24	71
Estado 3	0.81	460	5.3	3.5	0.41	0.65	0.1	348	170	113	1	28	87
Estado 4	0.78	350	5.8	6.6	0.47	0.39	0.8	538	117	140	9	20	60
Estado 5	0.77	370	5.7	3.5	0.46	0.46	0.1	531	131	69	15	20	65
Estado 6	0.72	320	5.3	3.2	0.43	0.36	T	403	122	144	12	32	60
+ Δ (%)	-28	-36	-22	-36	-52	-49	-99	+55	+388	+658	-95	+540	-14

PINO/
PINAR

PINO/
PRADERA

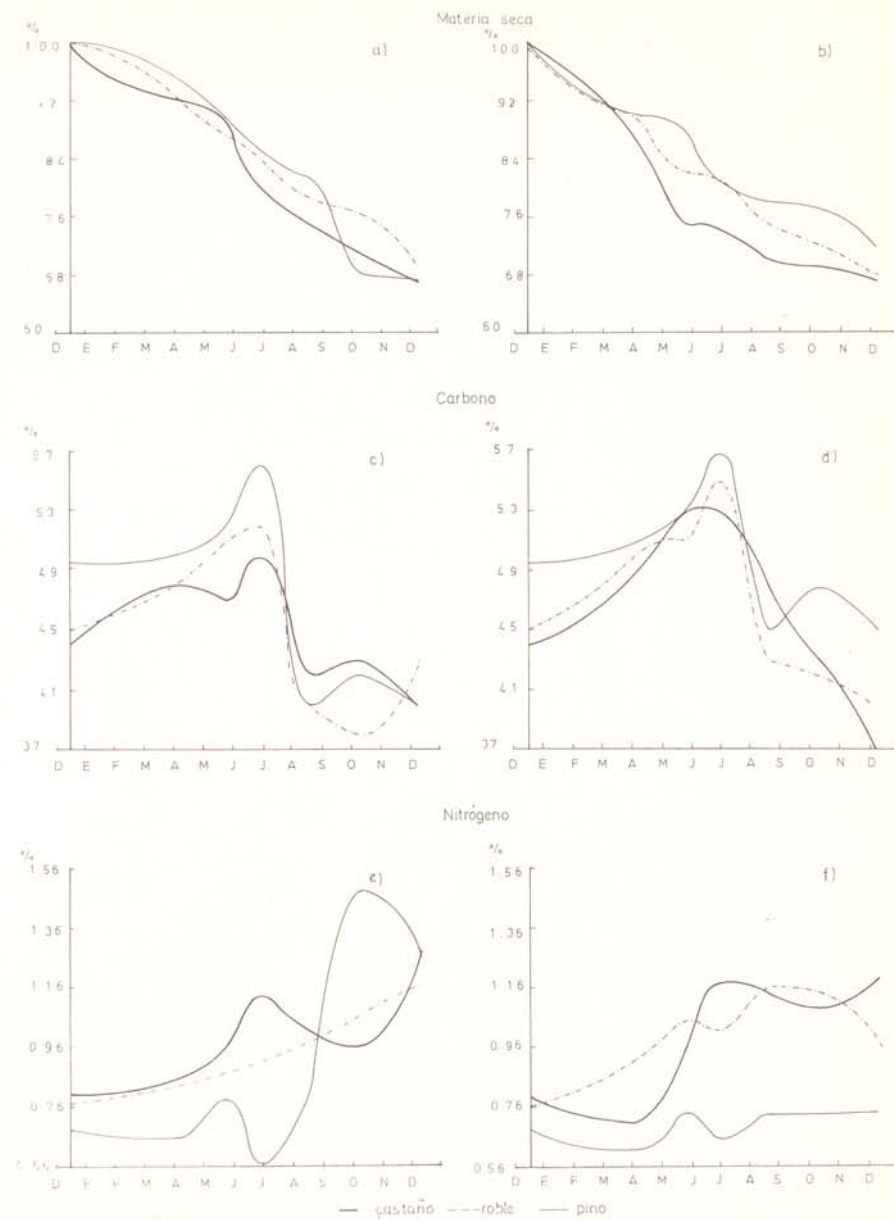


FIG. 1. Evolución del contenido en bioelementos respecto al tiempo (velocidad de descomposición) en parcela (a,c,e) y pradera (b,d,f).

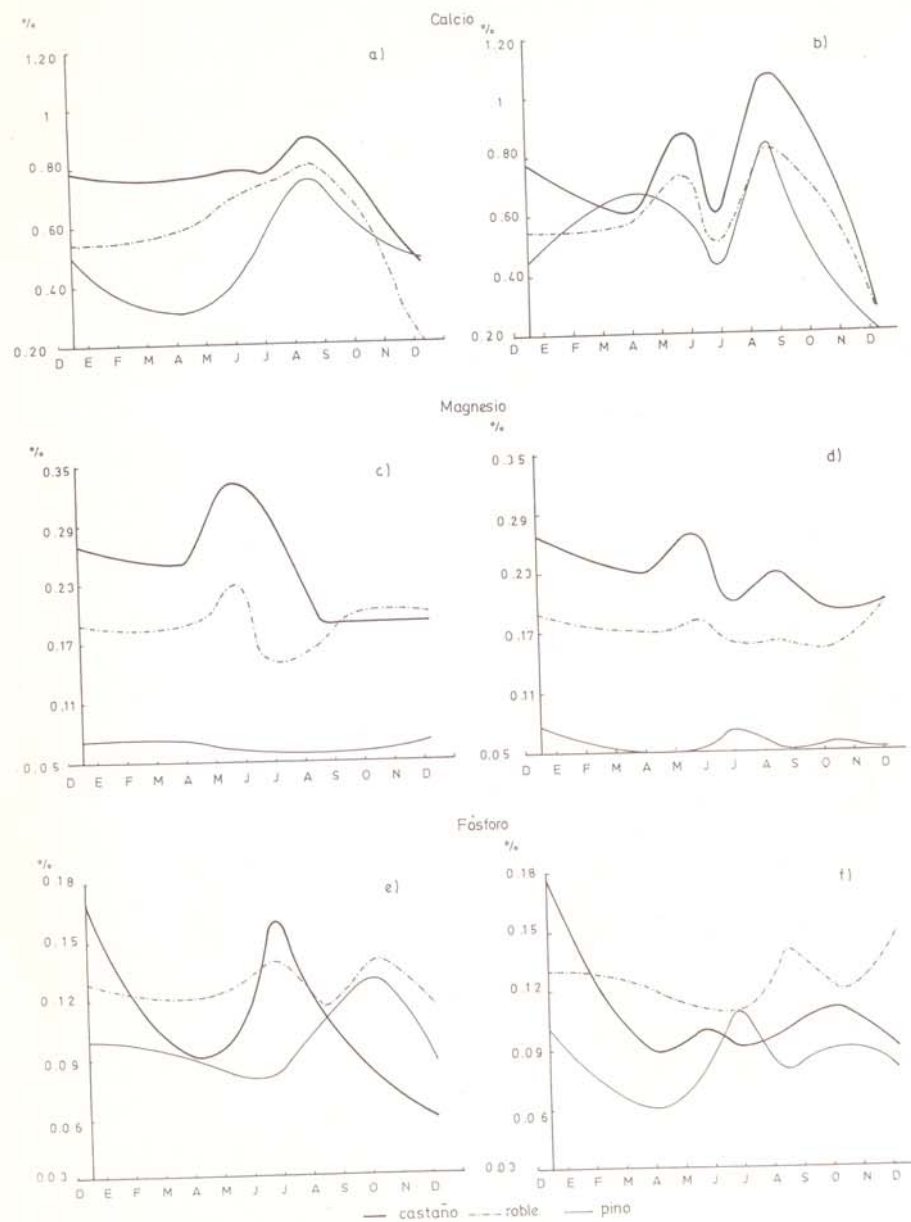


FIG. 2. Evolución del contenido en bioelementos respecto al tiempo (velocidad de descomposición) en parcela (a,c,e) y pradera (b,d,f).

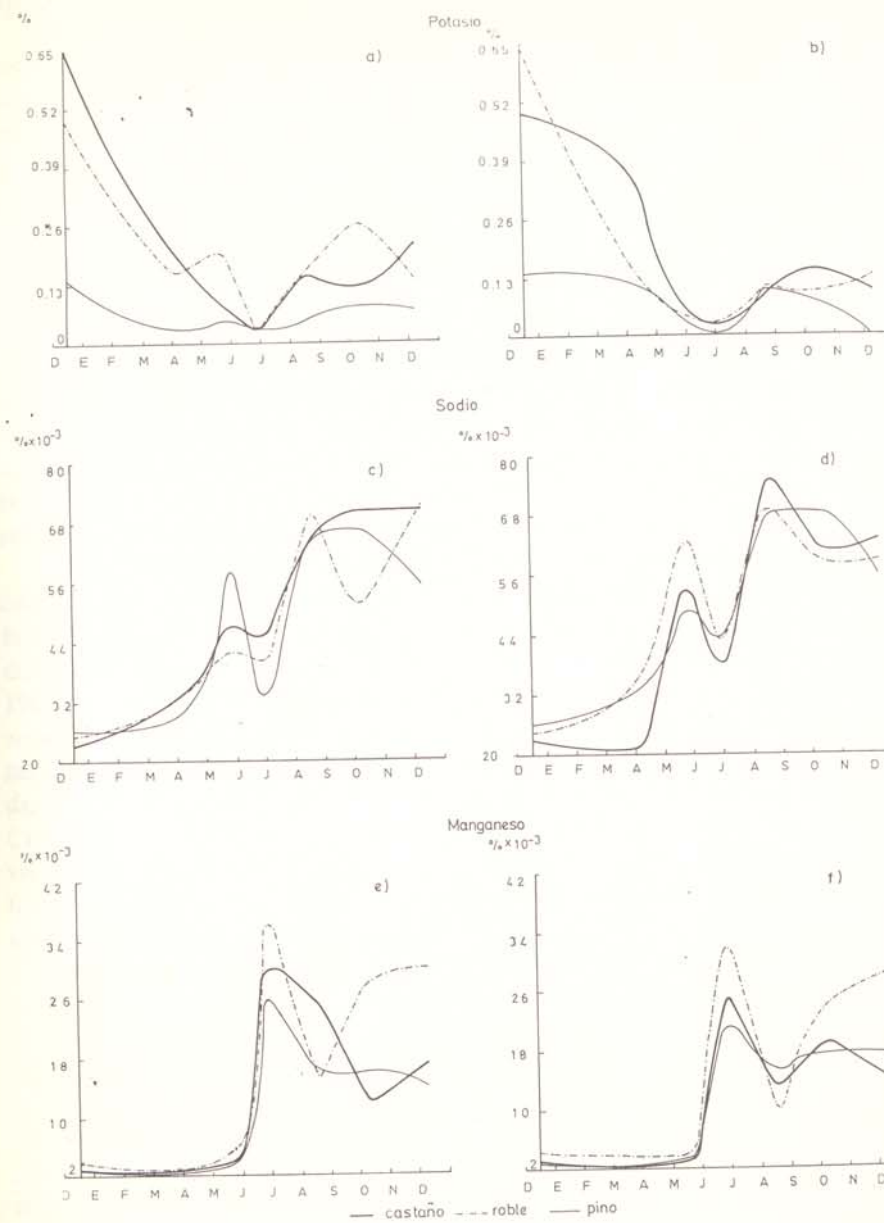


FIG. 3. Evolución del contenido en bioelementos respecto al tiempo (velocidad de descomposición) en parcela (a,c,e) y pradera (b,d,f).

La desviación standard en las repeticiones, referidas a 1 g de materia seca, oscilan entre ± 0.09 y ± 0.12 .

En las gráficas 1 a 4, se expresan las variaciones temporales relativas del contenido de cada uno de los bioelementos; así, en ordenadas se indica el porcentaje de cada bioelemento en la hojarasca en descomposición, mientras que en abscisas se señala el tiempo en meses.

DISCUSIÓN

En el rebollar (tabla 1) se observa una pérdida gradual de *materia seca* a lo largo del ciclo, cifrada en un 21 % en parcela y 32 % en pradera. En el castañar (tabla 2) la materia seca se reduce en un 33 %, tanto en parcela como en pradera, mientras que en el pinar (tabla 3) hay una disminución de alrededor del 30 % en ambos casos. Por consiguiente, sólo en el caso del rebollar parece existir alguna diferencia en cuanto a la influencia del propio medio sobre la descomposición de la hojarasca (fig. 1, a y b).

Referente al *Carbono orgánico*, se observa un progresivo aumento del contenido relativo hasta finales de Junio, consustancial con los procesos de humificación (pérdidas de grupos hidróxilos y metóxilos, ganancia de aromaticidad; KONONOVA, 1966; FLAIG, 1971; SCHNITZER y KHAN, 1978; STEVENSON, 1982). A partir de esta fecha, con el inicio de la primavera climática en esta zona de montaña, ocurren los procesos de mineralización correspondientes, perdiéndose más de un 10 % del contenido relativo del Carbono (fig. 1, c y d), similar en los tres tipos de hojarasca, tanto en parcela como en pradera. Con la llegada del estiaje, la mineralización se detiene, reiniciándose de nuevo con las primeras lluvias otoñales un segundo proceso de reorganización húmica, favorecida por las temperaturas suaves de Octubre. En todo caso hay una pérdida absoluta de cerca del 40 %.

El aumento relativo de *Nitrógeno*, oscilante pero progresivo, es típico de los procesos de humificación (STEVENSON, 1982bis) de la hojarasca, siendo observable tanto en parcela como en pradera (fig. 1, e y f); esta conservación dinámica nitrogenada se traduce en un aumento relativo (que se contabiliza como absoluto en las hojarascas en su propio medio), que es también observado por BERG y THEANDER (1984). Al aumento absoluto del Nitrógeno puede contribuir, sin duda, la fijación microbiana del N_2 atmosférico, pues existe abundante fuente carbonoso-energética en la hojarasca, humedad y temperatura adecuadas para los microorganismos fijadores; esta fijación puede oscilar entre 25 y 50 Kg/ha en praderas y 40 a 60 Kg/Ha en bosques (PORTER, 1975), lo cual equivale a cerca de 0.5 mg de N por gramo de materia orgánica y año, en una primera aproximación. En todo caso, el Nitrógeno puede ser incorporado, a la hojarasca humificándose, principalmente mediante

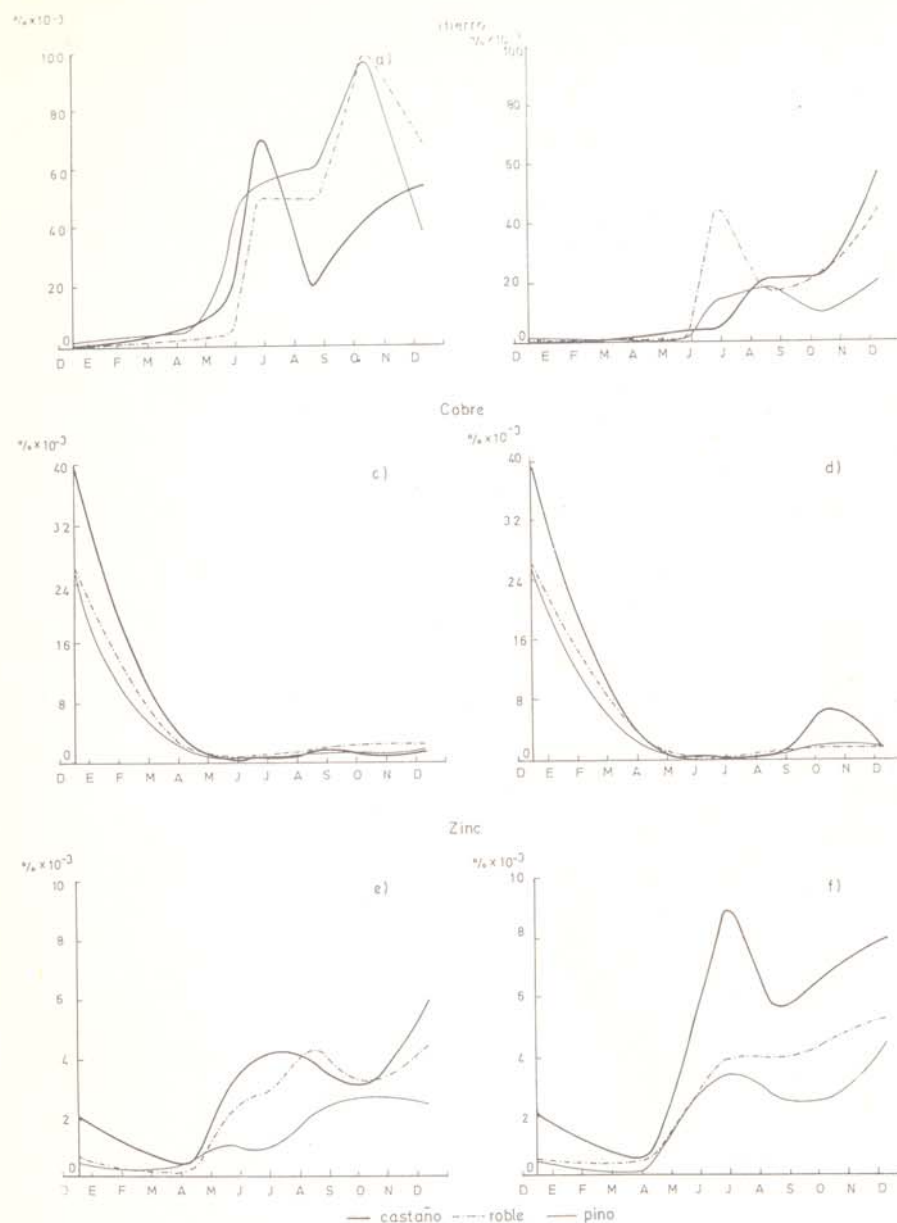


FIG. 4. Evolución del contenido en bioelementos respecto al tiempo (velocidad de descomposición) en parcela (a,c,e) y pradera (b,d,f).

dos vías: una, por los propios microorganismos fijadores citados, utilizando la fuente carbonada de la hojarasca; y otra, por los pluviolavados que, procedentes del dosel arbóreo, contaminan de N la hojarasca subyacente. Dado que las ganancias netas no se dan en pradera, es lógico pensar que el medio, incluyendo los pluviolavados, tiene gran influencia sobre el incremento de N observado en las hojarasca. La evolución de la *relación Carbono/Nitrógeno* (lógicamente más elevada inicialmente en el pinar), es similar en rebollar y castaño (tablas 1, 2 y 3), descendiendo, independientemente del medio, desde valores próximos a 55 a cerca de 40 en el rebollar y de 30 en el castaño (lo que parece indicar una humificación más profunda en éste último); por el contrario, en el pinar, con valores iniciales de 75, decrece mucho más acentuadamente en su propio medio, reflejo de la distinta evolución de los contenidos en Nitrógeno observados (fig. 1, e y f).

El *Calcio* sigue una evolución isomorfa al Carbono (fig. 2, a y b), aunque desfasada, en cuanto al tiempo. Aumenta ligeramente hasta finales de Junio, según RAPP (1971) por inmovilización del Ca en el horizonte horlogánico en la primera fase de la humificación; a partir del citado mes se produce un segundo máximo muy pronunciado, dado que al ser escaso este elemento en los suelos ácidos, sufre una fuerte inmovilización biológica (DUCHAUFOR, 1983). A partir de Septiembre, se observa una pérdida absoluta importante, por cesión de Ca al sistema edáfico (tanto en parcela como en pradera), coincidente con las lluvias otoñales. En todo caso, más del 60% del contenido inicial se cede al suelo, excepto para las acículas en pradera.

El contenido relativo de *Magnesio* se mantiene prácticamente constante en pinar y roble, descendiendo ligeramente en castaño (fig. 2, c y d), tanto en parcela como en pradera, insinuándose también dos procesos de reorganización húmica, más notoriamente en castaño y roble. Aunque RAPP (1971) señala que parece existir un cierto equilibrio entre el Mg cedido al sistema edáfico por lavado y el aportado por los pluviolavados o polvos atmosféricos, se observan pérdidas absolutas de este elemento, más acusadas en el castaño (especie más exigente) y menores en el rebollar.

Existen pocas pérdidas de *Fósforo* en el rebollar y pinar, hecho de esperar dada la pobreza en este elemento de los sistemas forestales en cuestión (GALLARDO et al., 1980); en castaño, más exigente, hay pérdidas atribuibles a su movilidad en la planta (fig. 2, e y f), ocurriendo las menores en roble. También se observan reorganizaciones que son coetáneas con las de Carbono (esto es, aproximadamente en Julio y Octubre).

El *Potasio* es rápidamente cedido por la hojarasca, perdiéndose prontamente más del 65% del contenido inicial; a partir de Julio las pérdidas son más lentas a causa de la inmovilización biológica (DUCHAUFOR, 1983), fenómeno que también explica que las pérdidas en acículas sean también menores (fig. 3, a y b), dado los menores contenidos de partida. No obstante, hay

que señalar que, dada la solubilidad del K, pueden existir aportes por los pluviolavados, sobre todo bajo dosel arbóreo.

La proporción de *Sodio* almacenado inicialmente en la hojarasca es muy baja, por lo que este elemento se mantiene, aumentando relativamente (fig. 3, c y d); posteriormente, a partir de Abril, pueden existir incrementos, incluso absolutos, de Na, que pueden superar más del 55 % del contenido inicial en los tres ecosistemas. Estos aumentos también se atribuyen a los pluviolavados (RAPP, 1971), dado que son más altos bajo dosel arbóreo, aunque también a contaminaciones de polvo atmosférico, dada la movilidad de este elemento y la escasez en el sistema biológico (DUCHAUFOR, 1983).

De igual manera, la hojarasca pone en circulación escasas cantidades de *Hierro* y *Manganeso*. Dadas, pues, las bajas concentraciones, las contaminaciones pueden aumentar más del 600 % el contenido inicial del Fe y más del 90 % el de Mn (DOMMERS, 1970; LEMEE, 1973); además del polvo atmosférico, también la incorporación de partículas inorgánicas realizada por la actividad mesofaunática debe ser determinante. Por ello, los procesos de humificación de Junio y Septiembre tienen fuerte repercusión sobre estos elementos (fig. 3, e y f; fig. 4, a y b), al incidir la actividad biológica sobre estos elementos minoritarios; esta acción mesofaunática debe ser, por consiguiente, más importante que los pluviolavados a la hora de justificar los incrementos absolutos observados.

El *Cobre* sigue una evolución paralela a la del Potasio en los tres bosques, tanto en parcela como en pradera (fig. 4, c y d); se contabilizan pérdidas absolutas de más del 90 % del contenido inicial. Por el contrario, el *Zinc* se mantiene inicialmente, pero a partir del mes de Abril (fig. 4, e y f), se aprecia un incremento absoluto de este elemento que, como en el caso del Fe y Mn, se atribuye a pluviolavados y contaminaciones inorgánicas del suelo (GARCÍA SÁNCHEZ, 1973). Este aumento es, en todo caso, superior al 90 %, evidenciándose que los incrementos se encuentran afectados por los procesos de humificación de Julio y Septiembre, menos perceptiblemente en pradera. Es de observar también que los contenidos iniciales superiores de Cu y Zn en castaño, indican que se trata de una especie más exigente.

CONCLUSIONES

De lo expuesto anteriormente se deducen las siguientes conclusiones:

- i. Se observa una pérdida de peso similar en la descomposición de la hojarasca en cualquiera de los medios estudiados, atribuible a condiciones climáticas y edáficas semejantes; por tanto, la composición de la hojarasca no parece, en principio, ser un factor limitante intrínseco de su descomposición.

ii. Se observa la existencia de un acusado proceso de mineralización durante el verano (detenido probablemente por la sequedad en Agosto) entre dos procesos de humificación o reorganización húmica; estos procesos afectan, principalmente, a los bioelementos Calcio, Carbono, Fósforo, Hierro, Manganeso, Zinc y, en menor medida, Magnesio.

iii. Existen fuertes pérdidas de Carbono orgánico (alrededor de un 40 % de su contenido original), Potasio y, sobre todo, Cobre (que exceden el 90 %), en las hojarasca, independientemente del ecosistema.

iv. El Nitrógeno total tiende a mantenerse, incluso incrementa un 20 % sobre el N inicial en rebollar y pinar; dado que parece existir una marcada influencia del medio sobre dicho incremento, la contribución mediante aportes por pluviolavados puede ser más importante que la fijación de N₂ atmosférico.

v. Si se utiliza la relación Carbono/Nitrógeno como índice de intensidad de humificación, se puede deducir que ésta progresa más en la hojarasca de castaño, mientras que, por el contrario, son las acículas en pradera las que menos se humifican.

vi. El Calcio se mantiene en la hojarasca hasta el Otoño, produciéndose posteriormente pérdidas superiores al 60 % del contenido inicial en prácticamente todos los ecosistemas.

vii. El Magnesio y el Fósforo parecen mantenerse, en todo caso, en la hojarasca del rebollar, produciéndose pérdidas inferiores al 30 %.

viii. Se acumulan en la hojarasca Hierro, Manganeso, Zinc y Sodio, aún en términos absolutos, probablemente por la retención de estos elementos por el coloide orgánico; las ganancias netas pueden atribuirse a contaminaciones por partículas del suelo arrastradas por la mesofauna (especialmente en Fe y Mn), pluviolavados (posiblemente importantes en Zn y Na) y polvo atmosférico.

ix. Si se utiliza el contenido de bioelementos en hojas como índice, se puede deducir que el castaño es la especie más exigente y el pinar la más frugal, aunque dicho contenido está lógicamente influido por el contenido de nutrientes del suelo; de todos modos, en la hojarasca de castaño la que libera mayor proporción de nutrientes en su medio, mientras que la de roble tiende a mantener Mg y P, principalmente.

x. Potasio y Cobre se pierden rápidamente de la hojarasca.

BIBLIOGRAFÍA

- BERG, B.; THEANDER, O. (1984): «Dynamics of some Nitrogen fraction in decomposing Scots pine needle litter». *Pedobiología* 27, 261-267.
- BOCOCK, K. L.; GILBERT, O. J. (1957). «The disappearance of leaf litter under different woodland conditions». *Plant and Soil*, 9, 179-185.

BOUAT-AFORA (N.D.). «Instrucciones para el uso del aparato Kjeldahl Bouat-Afora con arrastre por aire». Afora. Madrid.

CANTLE, J. E. (1982). «Atomic absorption spectrometry». Elsevier. New York.

CHAPMAN, H. D.; PRATT, P. F. (1979). «Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas». Trillas, México.

DOMMERGUES, Y.; MANGENOT, F. (1970). «Ecologie microbienne du sol». Masson et Cie. Paris.

DUCHAUFOR, Ph. (1983). «Edafología». Masson. Barcelona.

DUVIGNEAUD, P.; DENAEYER-DE SMETS, S. (1971). «Cycle des éléments biogènes dans les écosystèmes forestières d'Europe occidentale». *Productivité des Ecosystèmes forestiers*. UNESCO. París. 527-542.

FLAIG, W. (1971). «Organic compounds in soil». *Soil Sci.* 111, 19-33.

GALLARDO, J. F.; CUADRADO SÁNCHEZ, S.; EGIDO, J. A. (1980). «Suelos forestales de El Rebollar (Salamanca). II. Propiedades y conclusiones». *Anu. Cent. Edaf. Biol. Apl. Salamanca*. 6, 215-228.

GARCÍA SÁNCHEZ, A. (1973). «Geoquímica de elementos traza en los procesos de meteorización y edafogénesis». Tesis Doctoral. Univ. Salamanca.

GONZÁLEZ, M. I. M.; GALLARDO, J. F. (1982). «El efecto hojarasca: Una revisión». *Anales de Edafología y Agrobiología* 41, 1129-1157.

KONONOVA, M. M. (1966). «Soil organic matter». 2nd. ed. Pergamon Press. Oxford.

LEMEE, G. (1974). «Recherches sur les écosystèmes des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau. IV.- Entrées d'éléments minéraux par les précipitations et transfert au sol par le pluviolavage». *Oecol. Plant* 9, 187-200.

LEMEE, G.; BICHAUT, N. (1973). «Recherches sur les écosystèmes des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau. II. Décomposition de la litière des feuilles des arbres et libération des bioelementos». *Oecol. Plant* 8, 153-154.

PORTER, L. K. (1975). «Nitrogen transfer in ecosystems». En E.A. Pard y A.D. McLaren «Soil Biochemistry» 4, 1-30.

RAPP, M. (1969). «Production de litière et apport au sol d'éléments minéraux dans des écosystèmes méditerranéens: La forêt de *Quercus ilex* L. et la garrigue de *Quercus coccifera* L.» *Oecol. Plant*. 4, 377-410.

RAPP, M. (1971). «Cycle de la matière organique et des éléments minéraux dans quelques écosystèmes méditerranéens». *Progr. Biol. Internat. Ecol. du Sol*, C.N.R.S. Paris, 23-184.

SANTA REGINA, I.; SAN MIGUEL, C.; GALLARDO, J. F. (1984). «Reciclaje de materia orgánica y bioelementos en bosques de la Sierra de Béjar. I. Primeros resultados». II Congreso Nacional sobre recuperación de recursos de los residuos: Tecnologías. Soria. I, 119-136.

SCHINTZER, M.; KHAN, S.V. (Edt) (1978). «Soil organic matter» Elsevier. Amsterdam.

STEVENSON, F. J. (1982). «Humus chemistry». John Wiley. New York.

STEVENSON, F. J. (1982 bis). «Organics forms of soil Nitrogen» En «Nitrogen in Agricultural Soil». F. J. Stevenson et al. (Edt), A.S.A.; S.S.S.A., 67-122, Madison.