

J. M. GOMEZ GUTIERREZ, E. LUIS CALABUIG,
A. ESCUDERO BERIAN

MATERIALES APORTADOS AL SUELO POR LA ENCINA EN
LA ZONA DE DEHESAS SALMANTINA. I: SUSTANCIA SECA

Separata de STVDIA ŒCOLOGICA

II, 1980 (181-211)

SALAMANCA, 1981

MATERIALES APORTADOS AL SUELO POR LA ENCINA EN LA ZONA DE DEHESAS SALMANTINA. I. SUSTANCIA SECA.

J.M. GOMEZ GUTIERREZ **

E. LUIS CALABUIG *

A. ESCUDERO BERIÁN *

RESUMEN.- Este trabajo aborda el estudio del aporte de sustancia seca al suelo por la encina (*Quercus rotundifolia* Lam.) y forma parte de una serie que en su conjunto trata de evaluar cualitativa y cuantitativamente la contribución de esta especie arbórea al ciclo biogeoquímico en pastizales.

Se han estudiado tres árboles considerados como más representativos de la población media de la zona adehesada de la provincia de Salamanca por sus características morfológicas.

Se cuantifica el aporte total de restos vegetales al suelo, en periodos mensuales, e igualmente de cada una de las diversas fracciones discernibles.

Se complementa este estudio con un análisis de las correlaciones entre los aportes de cada árbol y entre los valores medios recogidos anualmente.

Mención especial merece la consideración de las variables orientación y distancia al tronco del árbol, en cuanto a sus posibles efectos de influencia. Mediante el análisis de la varianza resultan ser muy significativos en función de la distancia, y no significativos por lo que respecta a la orientación.

SUMMARY.- This work studies the contribution of dry matter to the soil through holm-oak tree (*Quercus rotundifolia* Lam.) and forms part of a series which is, as a whole, an intent to evaluate both quantitatively and qualitatively this arboreous species contribution to the byogeochemical cycle in grassland.

Three trees, which were considered as representative of the mean population of the holm-oak tree zone of Salamanca Province due to their morphological characteristics, have been studied.

The monthly total contribution of litter to the soil as well as each one of the various discernible fractions are quantified.

This study is completed with an analysis of correlations between each tree contribution and the mean values annually collected.

The consideration of variables orientation, and distance to the tree trunk with regards to the tree possible influence effects should be of especial mention. Differences according to distance showed, throught analysis of variance, to be significant and non-significant in concern with orientation.

* Departamento de Ecología. Universidad de León.

** Departamento de Ecología. Universidad de Salamanca.

INTRODUCCION

Este trabajo es el primero de una serie que aborda el estudio completo de los materiales aportados al suelo por la encina (*Quercus rotundifolia* Lam.) en la zona de dehesas salmantina. El estudio global comprenderá la cuantificación de la sustancia seca y el estudio de su composición química con la estimación de los aportes al suelo de elementos minerales y fracciones orgánicas.

El objetivo concreto de este primer trabajo de la serie es el estudio de la cuantía y distribución temporal y espacial de los aportes de materiales vegetales de encina.

Los elementos químicos contenidos en los referidos materiales tienen una indiscutible importancia en el ciclo global de estos ecosistemas, y la materia orgánica aportada influye considerablemente en las propiedades fisicoquímicas del suelo, por lo que la fertilidad del pastizal tiene que verse forzosamente afectada.

Los ecosistemas pueden ser clasificados en función de la importancia que en el ciclo de nutrientes tienen los descomponedores. En general, los ecosistemas terrestres pertenecen a grupos de ecosistemas en los cuales la mayor parte de la producción primaria pasa a través de la cadena de descomponedores (SATCHELL 1975). Pero, incluso dentro de los ecosistemas terrestres, la influencia de los consumidores en la asimilación de la producción primaria es variable. En general, en los bosques, con su gran biomasa y producción vegetal, los aportes de materiales al suelo y su consiguiente incorporación a la cadena de descomponedores son de mayor entidad que en ecosistemas herbáceos, en los que los animales pastantes suelen asimilar proporciones relativamente grandes de producción primaria. Es por ello por lo que los estudios sobre incorporación de restos vegetales al suelo se han circunscrito con preferencia a ecosistemas forestales. Se puede citar aquí el clásico trabajo de EBERMAYER (1876), así como otros muchos más recientes, revisados por LUZ y CHANDLER (1946) y BRAY y GORHAM (1964). Resultan, en concreto, de especial relevancia en el contexto mediterráneo los trabajos de RAPP (1967, 1969 y 1971), LOSSAINT (1967) y POLI y col. (1974).

Sin embargo, existen ecosistemas de carácter mixto en los que la vegetación herbácea se ve interrumpida de trecho en trecho por árboles o arbustos aislados. A este tipo de ecosistemas pertenecen las dehesas salmantinas y en ellos, comprensiblemente, el ciclo de nutrientes reviste características intermedias. En efecto, sólo una parte relativamente pequeña de la producción arbórea es consumida por pequeños animales; el resto cae al suelo y pasa a la cadena de descomponedores, liberando elementos nutritivos que son, a su vez, tomados por las plantas herbáceas. Así pues, el estudio de los aportes vegetales, en particular los de ori-

gen arbóreo, y su posterior descomposición, reviste la máxima importancia para la comprensión del funcionamiento de estos ecosistemas.

MATERIAL Y METODOS

El control de producción de restos vegetales se ha realizado a lo largo de dos años y medio para tres ejemplares de encinas, de características morfológicas normales, que pueden representar a la media de la población muestreada.

Dos de los árboles, numerados como 1 y 2, se encuentran en la finca experimental de Muñovela, del Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca (C.S.I.C.), ubicadas en una suave vallonada de exposición SE, cada una de ellas en una ladera diferente; la encina n° 1 en la de exposición ESE, y la n° 2 con exposición al SSE.

La tercera encina utilizada en el estudio se encuentra en la finca «El Palacio» de propiedad particular (*) vecina de la anterior. En concreto este árbol dista de los dos anteriores aproximadamente 1.200 m. En cuanto a las características geomorfológicas del lugar destaca, al contrario que en la anterior, por estar situada en una llanura.

Ambas zonas de muestreo pueden perfectamente sintetizar en conjunto la unidad paisajística definidora de la zona adhesionada de la provincia de Salamanca. Las características de densidad de las áreas de muestreo pueden considerarse normales, dentro de la variación media de la zona de dehesas salmantina. Es precisamente esa disposición característica del arbolado, que le confiere un aspecto sabanoide, el determinante fundamental de las diferencias conseguidas en comparación con otras masas boscosas, generalmente más abigarradas y con espacio tridimensional ocupado generalmente por más de dos estratos. LUIS CALABUIG y Col. (1979) definen la zona Adhesionada como «disposición del arbolado en monte abierto, donde el efecto total puede considerarse como un sumatorio de los efectos individualizados», de ahí que el estudio, considerando como unidades de muestreo cada árbol independientemente, puede servir para el cálculo de la producción media total de la población correspondiente, por interpolación. Sin embargo, se han detectado ciertas regularidades en los controles, que permitirán una considerable mejora en el planteamiento de este tipo de muestreos, manteniéndonos siempre bajo el concepto señalado de lo que es y representa una zona adhesionada.

(*) Queremos agradecer a D. Angel Villa, propietario de la finca, las facilidades que en todo momento nos ha brindado para que el experimento planteado cubriera todas las fases de control preestablecidas.

Las unidades de muestreo para la recogida de restos vegetales estaban formadas por recipientes de plástico de sección troncocónica, de 26,5 cm de diámetro en la base mayor. La superficie de esta base es la considerada como unidad de recepción. La altura del recipiente es de 27 cm. Aproximadamente a la mitad se colocó una red de plástico con luz de malla de 2 mm. El fondo estaba perforado para permitir el paso del agua de lluvia hacia el suelo. (Ver fig.1).

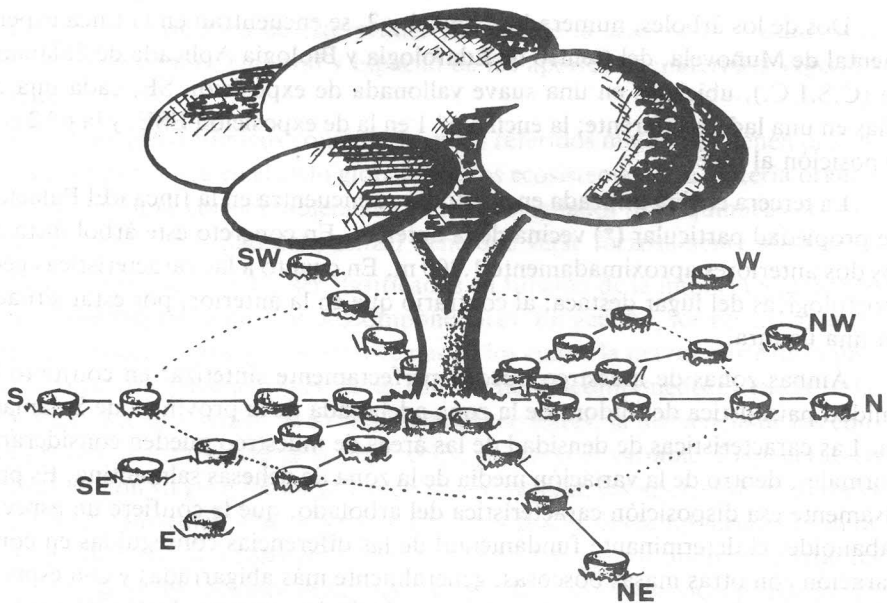


Fig.1.- Distribución de las unidades de muestreo bajo el árbol.

Para las encinas 1 y 3 las unidades de muestreo se colocaron a lo largo de los ocho rumbos geográficos principales, mientras que para la número 2 solo se usaron cuatro. Partiendo del tronco de la encina y en cada uno de los sentidos, la posición de los recipientes quedó fijada en función de la distancia al árbol y del área de proyección de su copa. De esta forma el más próximo se colocó a medio metro del tronco, el segundo en la zona media de proyección, el tercero en el límite de esta zona y el cuarto entre 1 y 1,5 m hacia afuera; todos ellos permanecieron enterrados hasta media altura.

Al final de cada mes se recogía el material de cada uno de los recipientes, guardándolo en bolsas hasta el laboratorio. Una vez en él se desecaban en una estufa de aire forzado durante 24 horas a 80° C; pesándolo posteriormente. A con-

tinuación se mezclaban las muestras del mismo árbol y se separaban las siguientes fracciones: hojas, ramas, inflorescencias, frutos, cúpulas y restos; pesando igualmente cada una de ellas.

Estas fracciones mensuales se pasaban por un molino de luz de malla de 1 mm y se almacenaban herméticamente en espera del análisis químico.

RESULTADOS

Los datos iniciales de que se dispone, correspondientes a los árboles numerados como 1, 2 y 3, no se incluyen, ante la imposibilidad de publicar en este artículo tal cantidad de información primaria. Supone todo ello un fichero formado por 90 matrices, de las cuales, las pertenecientes a los árboles 1 y 3 constan de 32 elementos (8 orientaciones por 4 distancias), y los del árbol 2 de 16 elementos (4 orientaciones por 4 distancias). Sobre esta base de información se ha desplegado el aparato de resultados obtenidos para destacar, por una parte, el aporte total de restos vegetales y, por otra, las producciones de cada una de las fracciones distinguibles.

A. Aporte total de restos vegetales al suelo

En la tabla I se recogen los valores obtenidos mensualmente para los tres árboles, expresados en g/m² de materia seca para mantener una mayor homogeneidad comparativa. Los meses de máxima producción corresponden, durante el año 1975, al mes de Junio para los árboles 2 y 3, y Agosto para el árbol 1, y al mes de Junio para los tres árboles durante el 1976. El año 1977 no está completo en cuanto a observaciones; sin embargo, destaca el hecho de que durante el mes de Junio no se alcanzaron valores de consideración. En cualquiera de ellos la producción durante ese mes del último año de control no superó los 40 g/m², siendo para el 1 y el 2 inferiores a 15 g/m².

Por su parte, las mínimas producciones coincide, con valores poco diferentes, con el trimestre Enero-Febrero-Marzo, destacando el mes de Febrero en el año 1975 en el que se recogieron 3,0 y 6,8 g/m² para los árboles 1 y 2 respectivamente; sin embargo, en Noviembre-76 y Enero-77 del árbol 1, y Marzo-77 del árbol 2, no se encontró absolutamente nada en las unidades de control; suponemos que el viento vació los recipientes, por lo que no se consideran tales resultados en el cómputo general de valoración del aporte de restos vegetales. Tal suposición está fundada en los registros del anemocinemógrafo de que dispone la estación meteorológica de Muñovela, que señalaba en esos meses ráfagas muy fuertes e irregulares.

TABLA I. Estimación del peso seco de restos vegetales en g/m^2 , depositados bajo cada uno de los árboles.

AÑO	MES	ARBOL 1	ARBOL 2	ARBOL 3	VALOR MEDIO
1975	Enero	13,6	25,4		19,5
	Febrero	3,0	6,8		4,9
	Marzo	7,1	14,8		10,9
	Abril	40,7	7,2	7,9	18,6
	Mayo	61,4	50,3	43,3	57,7
	Junio	95,5	127,8	205,8	143,0
	Julio	47,8	40,2	128,2	72,1
	Agosto	213,5	127,0	184,3	174,9
	Septiembre	21,1	39,7	30,6	30,5
	Octubre	56,2	85,5	50,8	64,3
	Noviembre	57,8	63,3	55,8	59,0
	Diciembre	33,6	45,9	20,6	33,4
1976	Enero	10,6	5,6	13,5	9,9
	Febrero	8,1	4,7	8,1	7,0
	Marzo	9,8	7,2	11,0	9,3
	Abril	10,8	15,1	11,2	14,8
	Mayo	145,0	81,0	58,1	94,7
	Junio	188,4	278,2	226,6	231,0
	Julio	36,5	66,8	46,7	50,0
	Agosto	18,9	98,1	30,1	49,0
	Septiembre	30,9	133,5	52,5	72,3
	Octubre	34,4	102,0	66,2	67,5
	Noviembre	-	104,1	81,6	92,8
	Diciembre	33,4	88,5	76,0	66,0
1977	Enero	-	7,0	29,8	18,4
	Febrero	8,7	18,5	40,7	22,6
	Marzo	13,0	-	20,9	16,9
	Abril	19,4	20,8	33,0	24,4
	Mayo	42,9	68,9	93,3	68,4
	Junio	10,5	14,6	35,2	20,1

La producción media por meses durante el periodo de control, pone de manifiesto, al igual que los casos particulares, las grandes variaciones interanuales entre cantidades recogidas, que para determinados meses llegan a ser considerables, como por ejemplo para el árbol 1, en el mes de Agosto se consiguieron 213,5 g/m² en 1975 y tan solo 18,9 en el mismo periodo del año siguiente.

Los aportes totales por m² y año, deducidos directamente de los datos anteriores, se recogen en la tabla II. Se cuenta con datos completos para los años 75 y 76 de los árboles 1 y 2 y únicamente del 76 del árbol 3. La información que se ofrece del año 77 corresponde al primer semestre. El máximo aporte pertenece al árbol 2 durante el 76 con 984,8 g/m² año. El valor medio resultante, comparando todos los datos disponibles asciende a 696,9 g/m² año.

De estos datos se concluye la gran variabilidad en la producción de restos vegetales entre un año y otro. La ampliación del periodo de observación a un número mayor de años permitiría, sin duda, observar la existencia de un ciclo bianual en la producción de mantillo por la encina, que ha sido puesto ya de manifiesto por otros autores (RAPP, 1969, POLI y col., 1974) y al que se ha dado una posible explicación fisiológica (RAPP, 1969). No obstante, incluso la consideración de ese ciclo no permite obtener valores aproximadamente constantes entre un bienio y otro, como se deduce de los elevados valores obtenidos para la producción del árbol 3 durante el primer semestre del año 1977.

Los valores de aporte de restos vegetales obtenidos para años completos son muy diferentes, tanto si se comparan los años entre sí dentro de un mismo árbol como si se hace con los depositados por los diversos árboles en un mismo año. No parece muy posible, por lo tanto, hacer estimaciones muy aproximadas para valores absolutos, pero las cifras expresadas sí servirán como patrón indicativo en la comparación con otros resultados bibliográficos o ulteriores investigaciones, teniendo siempre en cuenta la variabilidad que lleva asociada.

La correlación del máximo número posible de meses comunes entre los tres árboles, por lo que respecta a los aportes totales ha resultado en cualquiera de los casos muy significativo (tabla III), con coeficientes de correlación muy elevados que corresponden a una probabilidad superior al 99%. Expresado gráficamente (fig. 2), la evolución del aporte total de restos vegetales por meses y para los árboles controlados pone de manifiesto el paralelismo entre ellos, con la consiguiente mayor variabilidad entre los meses en que el aporte consigue sus máximos. Las mayores diferencias evolutivas aparecen durante los meses de Agosto-Diciembre del año 1976. Las correlaciones por años, también recogidas en la tabla III, corroboran igualmente el paralelismo fenológico del aporte de restos vegetales en las tres encinas. Para todas ellas el coeficiente de correlación corresponde a probabilidades superiores al 95%.

Otro tratamiento complementario que permiten los valores mensuales es el

TABLA II. Estimación del aporte de restos vegetales por m^2 y año

	AÑO			
	1975	1976	1977 ⁽¹⁾	MEDIA ⁽²⁾
ARBOL 1	651,3	534,0	94,5	592,6
ARBOL 2	634,2	984,8	129,8	809,5
ARBOL 3	713,9 ⁽³⁾	680,5	254,1	680,5 ⁽⁴⁾
MEDIA	642,7 ⁽⁵⁾	733,1	159,5	696,9 ⁽⁶⁾

(1). Seis meses. Enero-Junio

(2). Para los años 1975 y 1976

(3). Nueve meses. Abril-Diciembre

(4). Año 1976 solamente

(5). Para los árboles 1 y 2

(6). 75 y 76 árbol 1 y 2, y 76 árbol 3

TABLA III. Correlaciones entre los aportes de cada árbol y entre los años 1975 y 1976 de los diferentes árboles.

PERIODO TOTAL		1975		1976		1977 ⁽¹⁾	
ARB.1	ARB.2	ARB.1	ARB.2	ARB.1	ARB.2	ARB.1	ARB.2
0,74	***	0,82	***	0,76	***	0,97	***
ARB.2		ARB.2		ARB.2		ARB.2	
0,80	0,79	0,75	0,80	0,84	0,94	0,90	0,98
ARB.3	***	ARB.3	**	ARB.3	***	ARB.3	**
	***		**		***		***

(1). Seis meses. Enero-Junio

INTERANUALES			
ARBOL 1	ARBOL 2	ARBOL 3	VALOR MEDIO
1975	1975	1975	1975
1976	1976	1976	1976
0,23	0,79	0,54	0,60
*	***	*	**

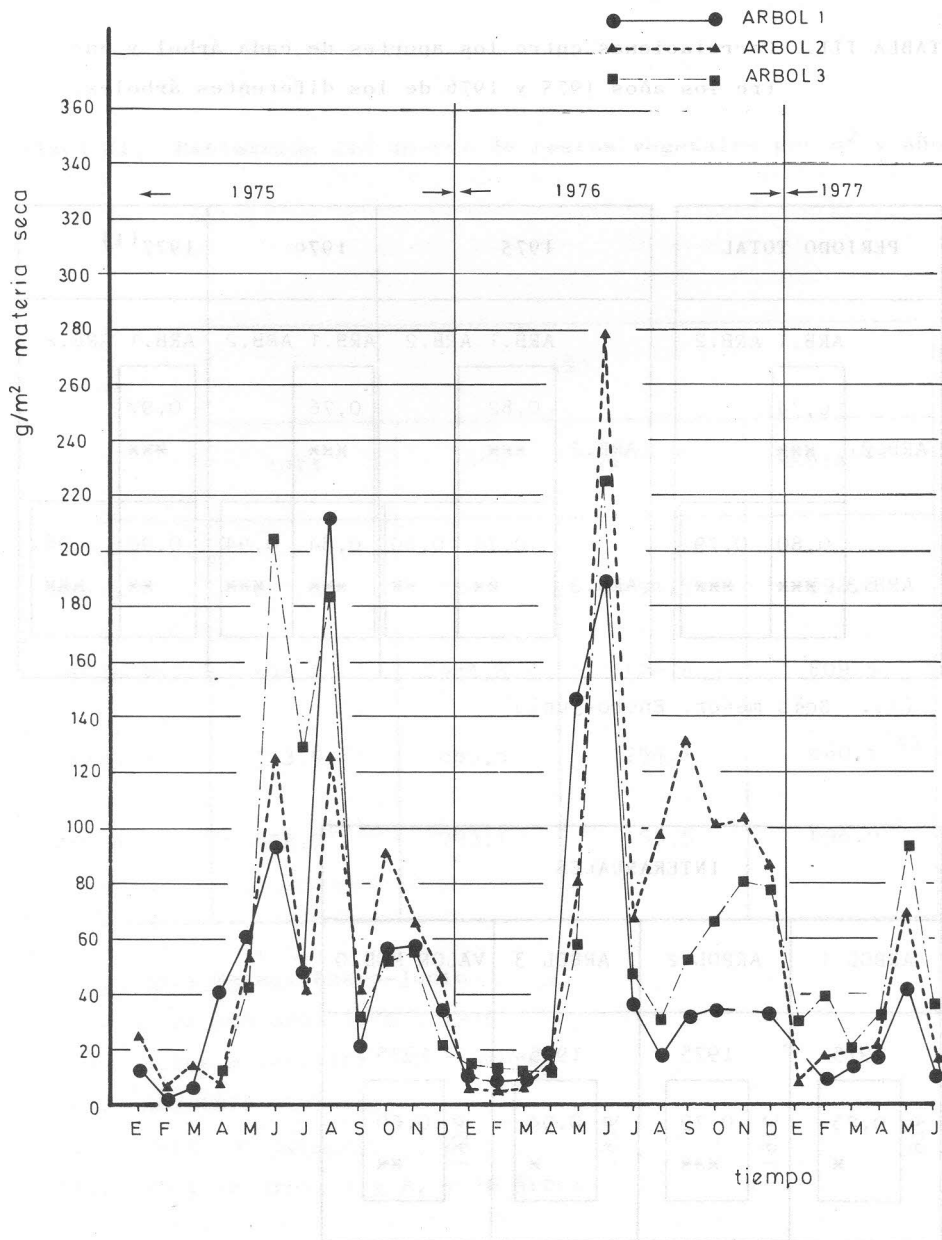


Fig. 2 EVOLUCION DEL APORTE TOTAL DE HOJARASCA PARA LOS TRES ARBOLES CONTROLADOS.

de las correlaciones interanuales para un mismo árbol (tabla III). En este caso, y teniendo en cuenta únicamente los años 75 y 76, han resultado no significativos para los árboles 1 y 3 con coeficientes de correlación muy bajos, mientras que para el árbol 2 se consiguen niveles de significación que corresponden a probabilidades superiores al 99%. Por su parte, la correlación obtenida con los valores medios de producción mensual, para esos mismos años, es significativa para un nivel de probabilidades del 95%. La representación gráfica (fig. 2) de las evoluciones anuales para cada árbol simboliza claramente cuanto acabamos de comentar.

Las variaciones son por lo tanto mayores interanualmente para un mismo árbol que entre árboles para un mismo año o periodo; tal variabilidad anual hace pensar que un estudio llevado a cabo sobre un número reducido de años no resulta suficientemente significativo, al igual que ocurre en los estudios climatológicos, con los que mantiene una compleja y estrecha relación. Por el contrario, los valores altos del coeficiente de correlación entre árboles, reflejan una respuesta similar, aunque desconocida, a las condiciones ambientales. Así pues, podría restringirse el número de individuos a controlar sin afectar en gran medida a la validez de los resultados relativos que del experimento puedan desprenderse, por lo que respecta a las variaciones estacionales. Sin embargo, será necesario disponer de periodos de observación más prolongados para detectar el ritmo y las causas de variación y, asimismo, concluir sobre los valores medios mensuales significativos. Tales objetivos son los que se persiguen con el nuevo montaje de un experimento similar, llevado por uno de nosotros, y que ya se encuentra en etapa avanzada de funcionamiento.

B. *Influencia de la orientación y de la distancia*

El conocimiento de la cantidad media total de restos vegetales es realmente importante porque sintetiza todas las observaciones realizadas bajo la encina y en su zona inmediata de influencia. Sin embargo, el experimento fue proyectado para determinar el posible efecto en diversas direcciones y a determinadas distancias del árbol. Los resultados al introducir estas variables son objeto de comentario en los párrafos siguientes.

Para cada árbol puede calcularse el valor medio de la cantidad de restos vegetales recogidos en cada recipiente de observación o unidad de muestreo (tabla IV). Tal disposición permite, ante la presencia de dos variables cualitativas independientes, un tratamiento estadístico para determinar si existen o no diferencias reales entre los valores medios obtenidos para las diversas orientaciones y distintas distancias. Calculando, mediante un análisis de la varianza, los valores de F, y comparados con los valores críticos para niveles de significación de 0,05 y 0,01, se han obtenido los siguientes resultados: (ver tabla V).

TABLA IV. Valores medios obtenidos en las unidades de muestreo (circulo de 26,5 cm de \emptyset) durante todo el periodo de observación.

		ARBOL 1					ARBOL 2					ARBOL 3						
		DISTANCIA				TOTAL	DISTANCIA				TOTAL	DISTANCIA				TOTAL		
ORIENTACION		1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4			
ORIENTACION	N	3,5	3,7	1,9	0,7	9,8												
	NE	3,5	3,2	2,8	0,8	10,3	3,9	4,5	3,7	1,9	14,0	4,7	3,3	2,4	0,8	11,2		
	E	3,7	3,6	2,1	0,7	10,1						4,6	4,3	3,1	2,7	14,7		
	SE	4,5	3,6	3,0	0,9	12,0	4,1	3,8	3,3	1,6	12,8	4,3	4,1	3,1	3,0	14,5		
	S	3,9	4,0	3,5	1,0	12,4						4,0	3,8	4,0	2,2	14,0		
	SW	3,2	3,5	1,8	0,8	9,3	4,3	3,8	2,7	1,6	12,4	4,1	4,2	4,4	3,0	15,7		
	W	3,8	3,2	1,9	0,6	9,5						4,2	3,9	3,8	3,2	15,1		
	NW	3,6	3,8	1,3	0,5	9,2	4,4	4,3	3,3	1,9	13,9	4,2	3,6	2,7	1,5	12,0		
TOTAL	29,7	28,6	18,3	6,0	82,6	16,7	16,4	13,0	7,0	53,1	34,6	30,1	25,5	17,5	107,7			

TABLA V. Análisis de la varianza para distancias y orientaciones

ARBOL 1	ν	SS	MS	F
Distancias ***	3	45,79	15,26	117,38
Orientaciones **	7	2,48	0,35	2,69
Error	21	2,81	0,13	
Total	31	51,08	15,74	

$$\nu_1=3; \nu_2=21 \rightarrow F_{0,05} = 3,07$$

$$F_{0,01} = 4,81$$

*** Diferencia real

** Escasa diferencia

* No diferencia

$$\nu_1=7; \nu_2=21 \rightarrow F_{0,05} = 2,49$$

$$F_{0,01} = 3,64$$

ARBOL 2	ν	SS	MS	F
Distancias ***	3	15,19	5,06	84,33
Orientaciones *	3	0,45	0,15	2,50
Error	11	0,68	0,06	
Total	17	16,32	5,27	

$$\nu_1=3; \nu_2=21 \rightarrow F_{0,05} = 3,59$$

$$F_{0,01} = 6,22$$

ARBOL 3	ν	SS	MS	F
Distancias ***	3	19,65	6,55	22,59
Orientaciones **	7	6,58	0,94	3,24
Error	21	6,05	0,29	
Total	31	32,28	7,78	

TABLA VI. Correlaciones en función de la orientación y de la distancia

		Arbol 1	Arbol 2			Arbol 1	Arbol 2
Arbol 2		0,98 ***		Arbol 2		-0,50 *	
	Arbol 3	0,99 ***	0,96 ***		Arbol 3	0,39 *	-0,64 *

DISTANCIAS ORIENTACIONES

		Arbol 1		Arbol 1			Arbol 2	
ARBOL 2	NW	0,93 **	0,95 ***	NW	N	NE	NW	NE
	SW	0,94 **	0,99 ***	0,92 **	0,87 **	0,92 **	0,88 **	0,82 **
ARBOL 3				W		E	SW	SE
				0,99 ***		0,90 **	0,95 ***	0,97 ***
				SW	S	SE		
			0,90 **	0,97 ***	0,92 **			

DISTANCIAS PARA LAS DIFERENTES ORIENTACIONES

- ***. Muy significativo
- ** . Significativo
- * . No significativo

Para los tres árboles se han obtenido diferencias reales entre los valores medios de restos vegetales recogidos a cuatro distancias diferentes del tronco del árbol. Los valores F resultantes superan en mucho los niveles críticos de F. Por el contrario, para los valores medios de producción de restos vegetales en función de las orientaciones, se han detectado únicamente diferencias al nivel de 0,05 entre los árboles 1 y 3, mientras que para el 2 no existen diferencias estadísticas reales.

La comparación entre árboles permite comprobar si la respuesta obtenida en función de la orientación y de la distancia es similar en las tres encinas. El test realizado mediante un análisis de correlación entre los valores totales medios (tabla VI) de producción de restos vegetales, ha dado como resultado valores muy significativos, con probabilidad superior al 99% para todas las comparaciones respecto a la distancia al tronco del árbol; sin embargo, la correlación entre árboles de la cantidad total medida en cada orientación ha resultado con valores no significativos, correspondientes a coeficientes de correlación incluso negativos. Tales resultados reafirman la gran variabilidad e independencia del factor orientación, no solamente entre las diferentes orientaciones en el mismo árbol, sino también entre las mismas orientaciones de distintos árboles.

Al igual que ocurre con las cantidades totales medias de cada una de las cuatro distancias al tronco, sucede con los valores medios de las unidades de muestreo, al comparar los pares de observaciones equidistantes del tronco. En la tabla VI queda reflejado que todas las correlaciones son significativas, e incluso varias de ellas muy significativamente distintas de cero, con probabilidades superiores al 99%.

Todas esas respuestas, traducidas a gramos de restos vegetales por metro cuadrado y mes, se representan gráficamente en la figura 3. Resulta altamente expresiva la correspondiente al aporte en función de la distancia al árbol. Las cantidades de restos vegetales que se recogen en el suelo van siendo menores a medida que la distancia al tronco del árbol es mayor. Para el árbol 1 llegan a recogerse 807,9 g/m² año en la zona más próxima al tronco y 158,2 g/m² año en la más distante. Estos aportes son superados en el árbol 2 al igual que el resto de las distancias definidas, obteniéndose, en las dos primeras distancias de control, valores próximos a 900 g/m² año (ligeramente superiores a la segunda), y 382,3 g/m² año fuera de la proyección de la copa del árbol. La encina 3 sigue la misma pauta, superando en cantidad al árbol 2 para la primera y última distancia con valores de 928,8 y 512,7 g/m² año respectivamente.

Comprobada la no significación de diferencias en función de la orientación, poco hay que resaltar respecto a esta variable. Destaca el hecho de que los mayores aportes corresponden al árbol 3, con excepción de la dirección NW, y que en el árbol 1 las cantidades recogidas son siempre más bajas.

C. Aporte de las diversas fracciones

Los aportes de materiales al suelo procedentes del árbol, denominados genéricamente en su conjunto como hojarasca, pertenecen a varias estructuras del mismo, y por lo tanto su velocidad de descomposición es diferente. La importancia del conocimiento de las cantidades de cada una de esas fracciones es obvia, por cuanto la restitución de elementos minerales al suelo seguirá pautas de reciclaje diferentes, que pueden superponerse en espacio y tiempo. Las condiciones y variaciones ambientales impulsan el ciclo, el cual tiende a circular paralelamente a la manifestación fenológica de los organismos locales.

Se han diferenciado cinco fracciones, más un resto formado por materia no identificada o elementos raros. En las tablas VII a, b y c se especifican esas fracciones, con sus aportes mensuales correspondientes, en g/m² a lo largo de todo el periodo de observación, para las tres encinas controladas.

El aporte de ramas, formado por material de un grosor no superior a 1 cm de diámetro (generalmente inferior a 0,5 cm), presenta los máximos en los meses de Agosto y Junio para los años 75 y 76 respectivamente (fig. 4). El árbol 2 en el primer año de observación presentó tres máximos en los meses de Mayo, Agosto y Octubre. En 1976 la encina 1 aportó muy poca cantidad en ramas, siendo el máximo mensual en este año, tan solo de 13,6 g/m².

Las hojas suponen la fracción más importante. Al comienzo del experimento se distinguieron diversos tipos de hojas como fracciones independientes (hojas verdes, secas, con agallas, etc.), pero, dada la complicación que eso suponía durante todo el control, se resumieron todas ellas en una misma clase. Los máximos se consiguen durante los meses de Mayo-Agosto (fig. 4), aunque aparecen más concentrados durante el año 76. Los tres árboles presentan dos grandes máximos en el primer año, mientras que en el segundo solamente presentan uno, pero más pronunciado.

Estadísticamente ramas y hojas están estrechamente correlacionados por lo que se refiere a sus aportes en el tiempo. De la correlación de los valores cuantitativos recogidos durante todo el periodo de observación han resultado los siguientes coeficientes:

$$\text{Arbol 1} \rightarrow r = 0,74***; \nu = 27$$

$$\text{Arbol 2} \rightarrow r = 0,85***; \nu = 28$$

$$\text{Arbol 3} \rightarrow r = 0,80***; \nu = 26$$

todos ellos muy significativos para una probabilidad del 99%.

La fracción correspondiente a frutos (bellotas) evoluciona de manera muy diferente en los distintos ciclos anuales (fig. 5). Durante el 1975 aparece un solo

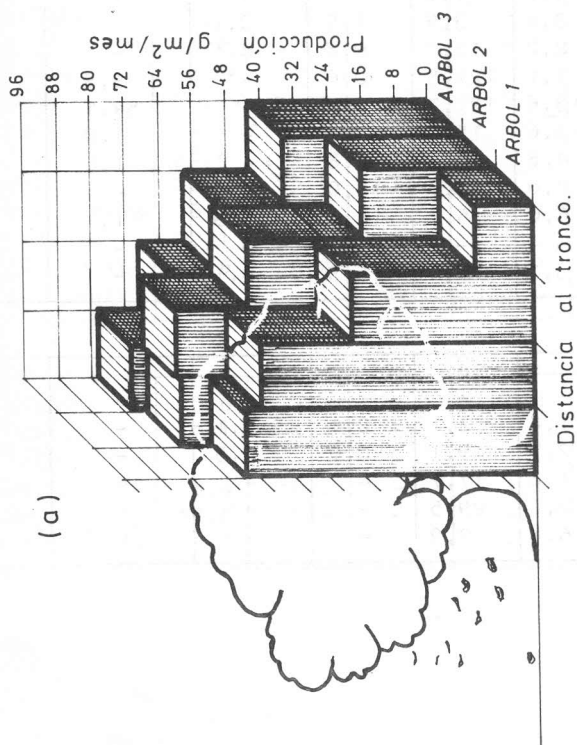
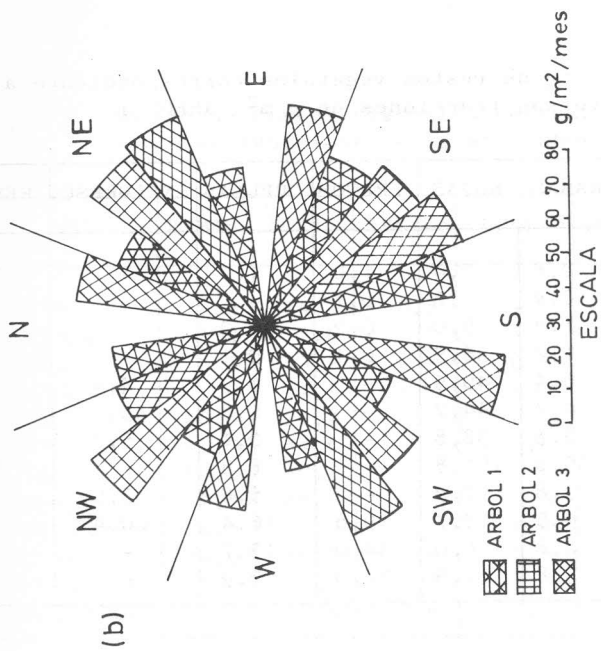


Fig. 3 APORTE DE HOJARASCA EN FUNCION DE LA DISTANCIA AL ARBOL (a) Y DE LA ORIENTACION (b), PARA LOS TRES ARBOLES CONTROLADOS.

TABLA VII a. Aporte de restos vegetales correspondiente a las diversas fracciones en g/m². ARBOL 1

AÑO	MES	RAMAS	HOJAS	FRUTOS	CUPULAS	INFLORESC.	RESTOS
1975	ENERO	2,8	7,4	1,0	1,7	+	0,7
	FEBRERO	0,4	2,2	0,1	-	-	0,3
	MARZO	1,2	5,0	0,2	0,2	-	0,3
	ABRIL	1,2	38,5	0,1	0,1	-	0,7
	MAYO	6,4	49,9	-	0,7	4,4	-
	JUNIO	4,7	44,7	-	0,3	45,7	-
	JULIO	3,3	38,8	-	0,1	5,7	-
	AGOSTO	35,8	151,8	-	8,8	-	17,1
	SEPTIEMBRE	3,8	7,9	-	5,8	3,5	-
	OCTUBRE	4,5	13,7	19,6	16,4	0,4	1,6
	NOVIEMBRE	2,8	6,0	34,0	13,7	-	1,3
	DICIEMBRE	3,8	7,9	10,0	9,9	-	2,0

1976	ENERO	2,0	5,4	0,6	2,0	-	0,7
	FEBRERO	0,7	1,8	-	-	-	5,6
	MARZO	3,6	3,9	1,5	0,1	-	0,7
	ABRIL	2,2	13,3	0,8	0,1	-	0,6
	MAYO	7,1	127,5	0,6	-	9,9	-
	JUNIO	13,6	127,7	-	-	54,1	-
	JULIO	13,6	15,9	-	-	7,0	-
	AGOSTO	4,8	8,3	4,8	-	1,0	-
	SEPTIEMBRE	2,0	9,6	13,0	4,8	-	1,4
	OCTUBRE	6,0	5,2	16,1	5,9	1,1	-
	NOVIEMBRE	-	-	-	-	-	-
	DICIEMBRE	3,7	8,6	15,9	4,1	-	1,1

1977	ENERO	-	-	-	-	-	-
	FEBRERO	1,8	3,1	2,1	0,1	-	1,6
	MARZO	2,7	9,1	0,6	0,5	-	0,1
	ABRIL	1,8	17,7	-	-	-	-
	MAYO	7,1	29,5	-	-	-	6,4
	JUNIO	6,8	2,9	-	-	0,8	-

TABLA VII b. Aporte de restos vegetales correspondientes a las diversas fracciones en g/m². ARBOL 2

AÑO	MES	RAMAS	HOJAS	FRUTOS	CUPULAS	INFLORESC.	RESTOS
1975	ENERO	9,3	14,2	0,8	-	+	1,0
	FEBRERO	1,8	3,6	1,1	-	-	0,2
	MARZO	5,2	9,2	-	0,2	-	0,2
	ABRIL	1,9	4,9	-	-	-	0,4
	MAYO	20,5	27,2	-	-	2,6	-
	JUNIO	17,0	54,6	-	0,6	54,5	-
	JULIO	13,8	20,5	-	-	5,9	-
	AGOSTO	20,7	88,6	-	4,3	-	13,4
	SEPTIEMBRE	8,8	22,9	-	4,0	4,0	-
	OCTUBRE	24,9	46,5	8,5	3,8	-	2,0
	NOVIEMBRE	15,0	20,4	19,1	7,7	-	1,1
	DICIEMBRE	13,4	18,5	3,6	7,0	-	3,4

1976	ENERO	1,0	1,2	2,0	1,1	-	0,2
	FEBRERO	1,5	3,1	-	-	-	0,2
	MARZO	1,8	4,9	-	-	-	0,6
	ABRIL	7,7	7,4	-	-	-	-
	MAYO	10,2	61,8	-	-	3,4	5,7
	JUNIO	51,0	170,0	-	-	57,2	-
	JULIO	28,6	33,8	-	-	4,5	-
	AGOSTO	23,5	55,8	7,9	-	0,2	10,8
	SEPTIEMBRE	16,2	47,6	47,6	20,4	-	1,7
	OCTUBRE	22,1	14,5	44,8	19,3	1,4	-
	NOVIEMBRE	11,9	6,2	74,8	10,2	-	1,0
	DICIEMBRE	7,9	9,1	60,1	11,4	-	-

1977	ENERO	0,6	3,2	2,3	0,4	-	0,6
	FEBRERO	2,1	4,7	8,5	-	-	3,1
	MARZO	-	-	-	-	-	-
	ABRIL	8,4	10,2	-	1,1	-	1,1
	MAYO	13,6	30,6	-	-	24,7	-
	JUNIO	6,1	3,4	-	-	5,1	-

TABLA VII c. Aporte de restos vegetales correspondiente a las diversas fracciones en g/m². ARBOL 3

AÑO	MES	RAMAS	HOJAS	FRUTOS	CUPULAS	INFLORESC.	RESTOS
1975	ABRIL	0,9	3,4	0,7	2,4	-	0,6
	MAYO	2,3	37,0	-	1,5	-	2,5
	JUNIO	10,0	154,1	-	0,6	27,5	-
	JULIO	22,0	95,3	-	-	10,9	-
	AGOSTO	35,6	133,3	-	2,3	-	13,1
	SEPTIEMBRE	3,6	21,4	-	4,0	1,7	-
	OCTUBRE	3,8	31,6	4,5	9,7	0,1	1,0
	NOVIEMBRE	5,0	16,8	13,8	19,1	-	1,0
	DICIEMBRE	3,7	8,4	5,4	2,5	-	0,6
1976	ENERO	1,9	6,2	1,3	1,7	-	2,4
	FEBRERO	0,7	1,7	-	-	-	5,6
	MARZO	1,0	6,7	0,7	0,6	-	2,0
	ABRIL	2,3	7,3	0,8	0,7	-	-
	MAYO	3,5	48,6	-	-	-	5,9
	JUNIO	22,7	171,7	-	-	32,3	-
	JULIO	13,6	28,0	-	-	5,1	-
	AGOSTO	6,2	18,5	-	2,5	1,4	1,4
	SEPTIEMBRE	4,8	22,5	4,1	17,0	-	4,1
	OCTUBRE	8,6	22,4	17,0	17,7	0,5	-
	NOVIEMBRE	3,7	12,5	53,8	8,8	-	2,8
	DICIEMBRE	2,5	11,7	45,3	15,3	-	1,1
1977	ENERO	0,9	4,2	16,4	7,1	-	1,1
	FEBRERO	2,4	5,1	17,7	13,8	-	1,7
	MARZO	2,8	5,1	4,6	7,2	-	1,1
	ABRIL	2,3	11,3	12,6	2,3	-	4,5
	MAYO	11,9	59,0	-	-	17,8	4,0
	JUNIO	3,4	27,4	-	-	4,4	-

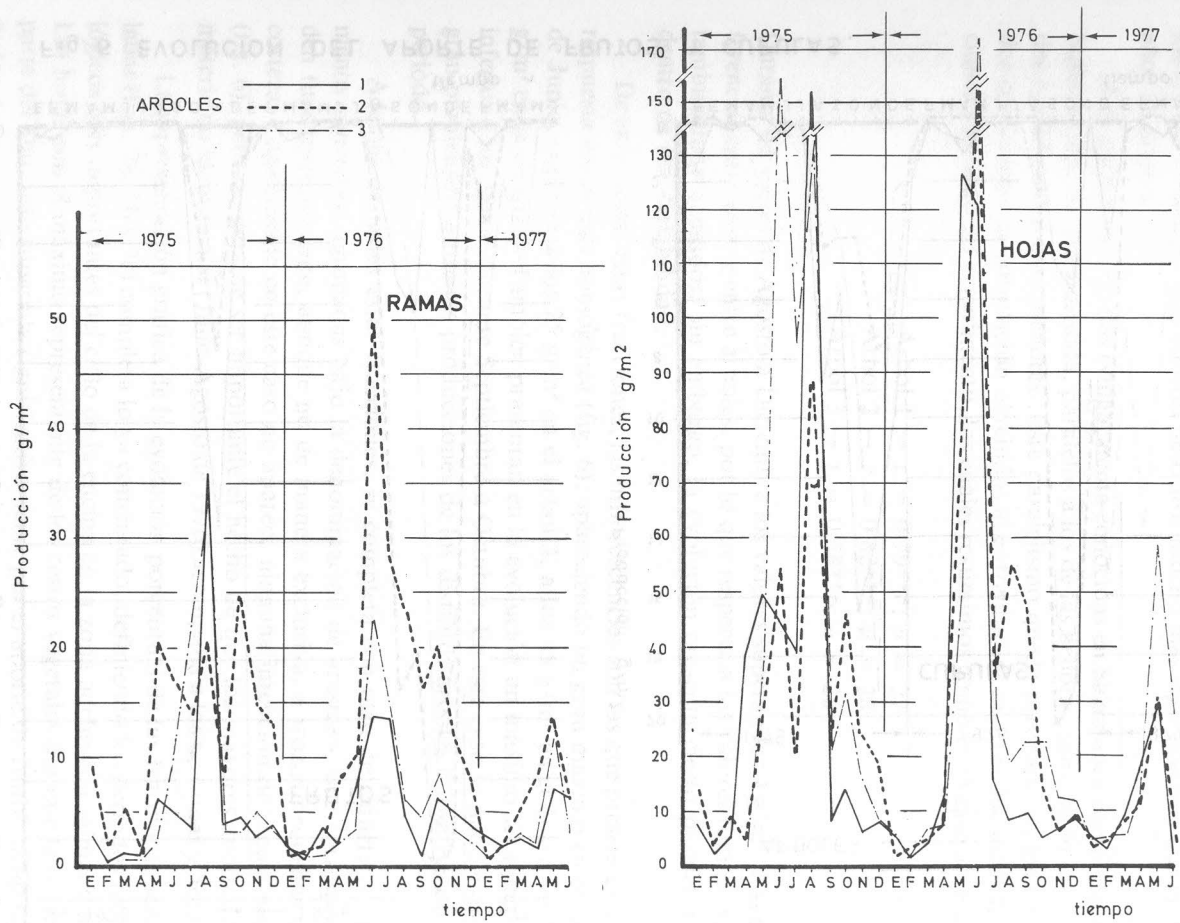


Fig. 4 EVOLUCION DEL APORTE DE RAMAS Y HOJAS.

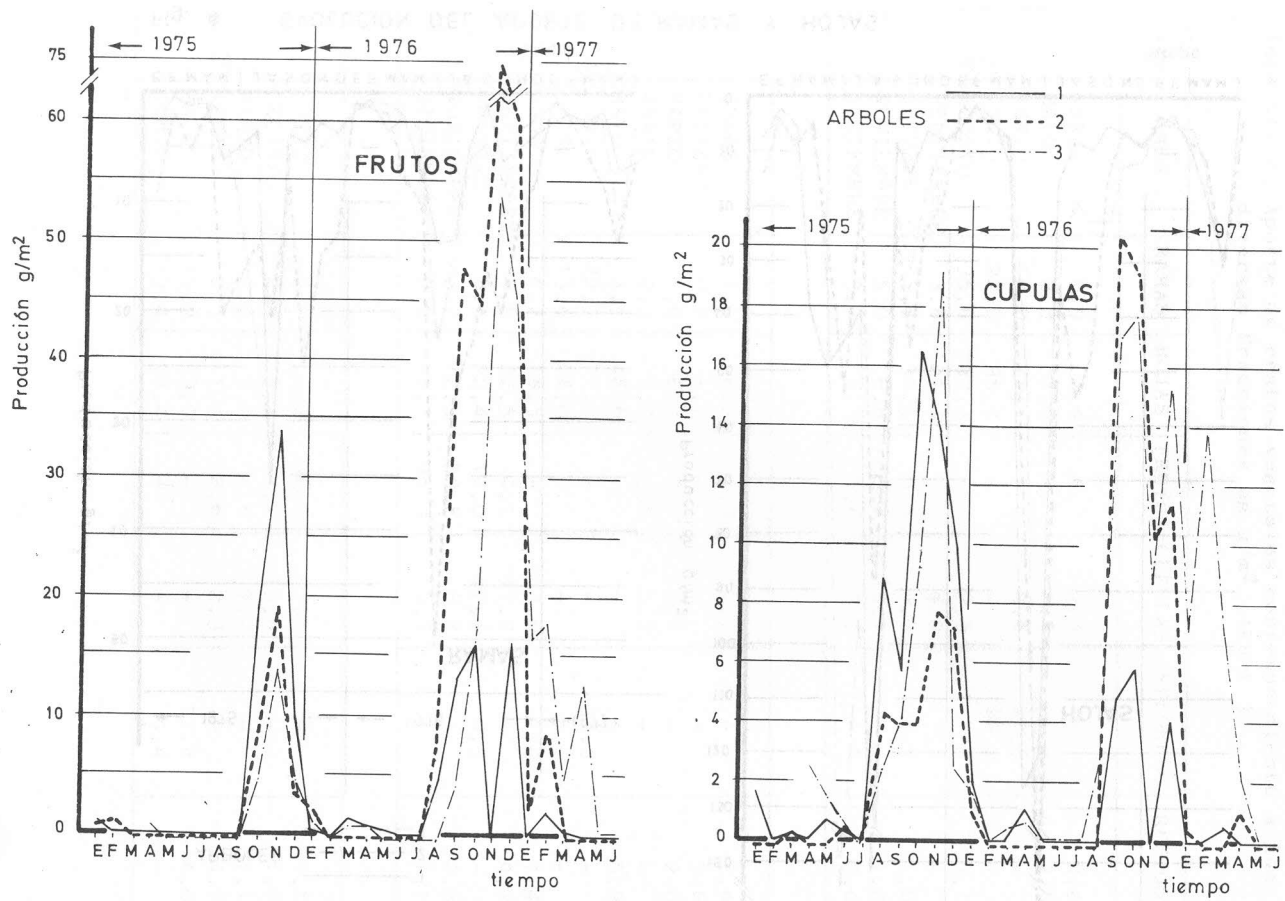


Fig. 5 EVOLUCION DEL APORTE DE FRUTOS Y CUPULAS.

máximo en Noviembre, con valores 34,0, 19,1 y 13,8 g/m² en los árboles 1, 2 y 3 respectivamente. Durante el 76 los valores elevados se prolongan desde Agosto hasta Diciembre, con grandes variaciones en los diferentes árboles. El primer semestre del 77 aparece con aportes de frutos mucho más significativos que en los años anteriores.

Los aportes de cúpulas (vulgarmente conocidas en Salamanca como «casabullos») son, en cierta medida, paralelos a los de las bellotas, aunque en cantidades considerablemente menores. Este paralelismo queda precisado en los elevados coeficientes de correlación obtenidos al enfrentar los aportes de ambas fracciones a lo largo del experimento, los cuales resumimos como en el caso anterior:

$$\text{Arbol 1} \rightarrow r = 0,79^{***}; \nu = 27$$

$$\text{Arbol 2} \rightarrow r = 0,82^{***}; \nu = 28$$

$$\text{Arbol 3} \rightarrow r = 0,58^{***}; \nu = 26$$

Durante los meses de Agosto a Diciembre los valores superan los 4 g/m². Las diferencias entre años y entre árboles, por lo que respecta a los valores totales, son también muy acusados; sin embargo, la evolución presenta cierto paralelismo dentro de esa variabilidad.

De entre todas estas fracciones, las inflorescencias son las que presentan una respuesta anual más homogénea (fig. 6), apareciendo un gran máximo en el mes de Junio, superior a los 25 g/m² en el árbol 3, a los 45 g/m² en el 1, y a los 50 g/m² en la encina 2. También presentan en la evolución un máximo secundario, inferior a los 5g/m² durante Septiembre u Octubre. En este caso se mantiene un gran paralelismo entre las producciones de los distintos árboles durante todo el periodo.

Además de todas estas fracciones, se completa con otra de características menos concretas, agrupadas bajo la denominación de «restos», que corresponden fundamentalmente, aunque no de manera exclusiva, a trozos pequeños de corteza. Lógicamente en este caso no aparece ninguna intención de regularidad (fig. 6), pero no deja de ser importante el hecho de que los mayores aportes de materia no identificada (Julio-Agosto de 1976) acompaña a los de ramas y hojas.

La representación gráfica de la evolución porcentual de las fracciones señaladas (figs. 7a, 7b y 7c) completa lo ya comentado, definiendo los periodos fenológicos más importantes del ciclo de la encina en la zona adhesionada salmantina. Las hojas son el máximo representante de los restos vegetales durante la mayor parte del año, sólo superada significativamente por el aporte de frutos, acompañados de sus cúpulas, entre Octubre y Diciembre. Destacan igualmente los porcentajes que se consiguen de inflorescencias de Mayo a Junio, y de otras fracciones clasificadas como restos, desde Enero hasta Marzo.

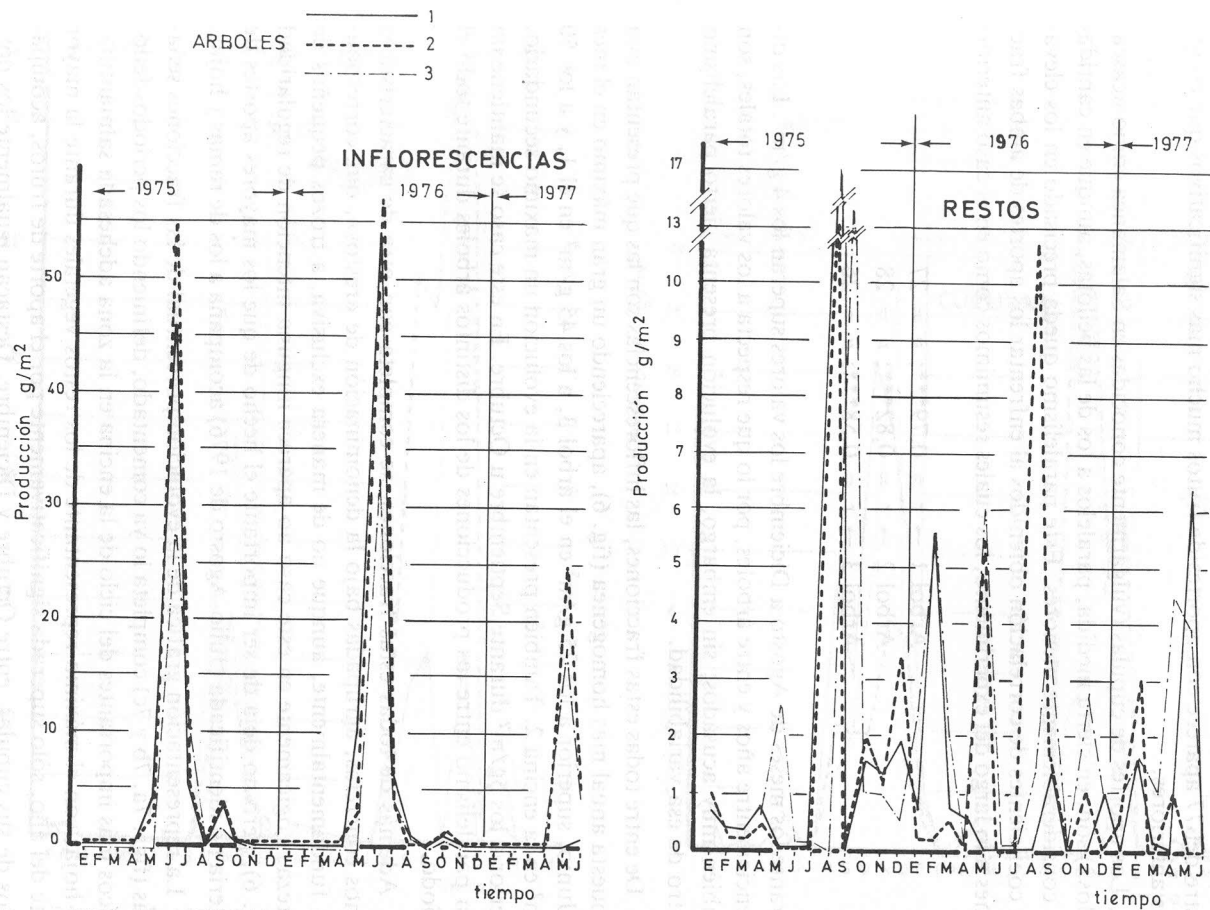


Fig. 6 EVOLUCION DEL APORTE DE INFLORESCENCIAS Y RESTOS.

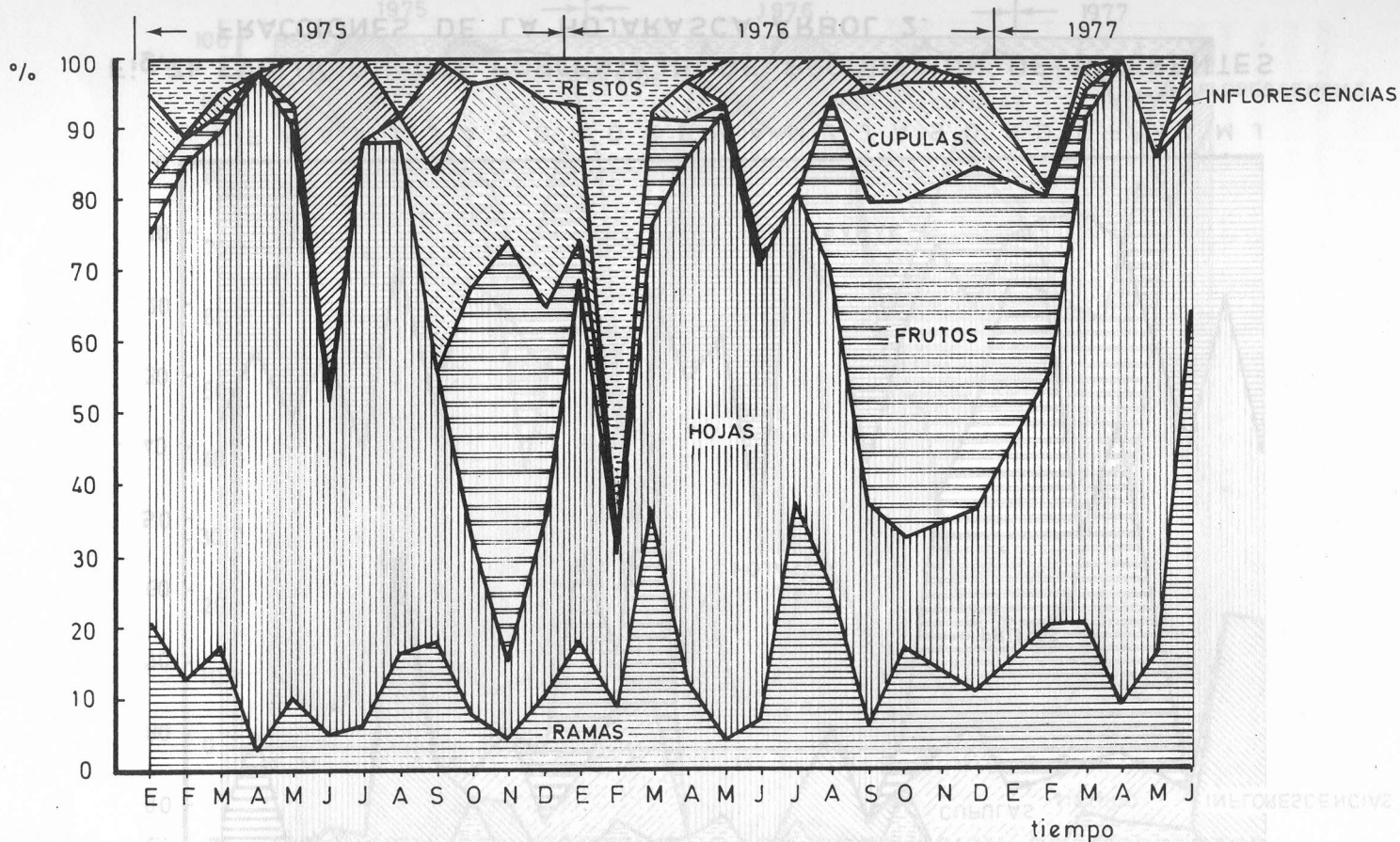


Fig. 7a EVOLUCION DEL PORCENTAJE DE PRODUCCION DE DIFERENTES FRACCIONES DE LA HOJARASCA. ARBOL 1.

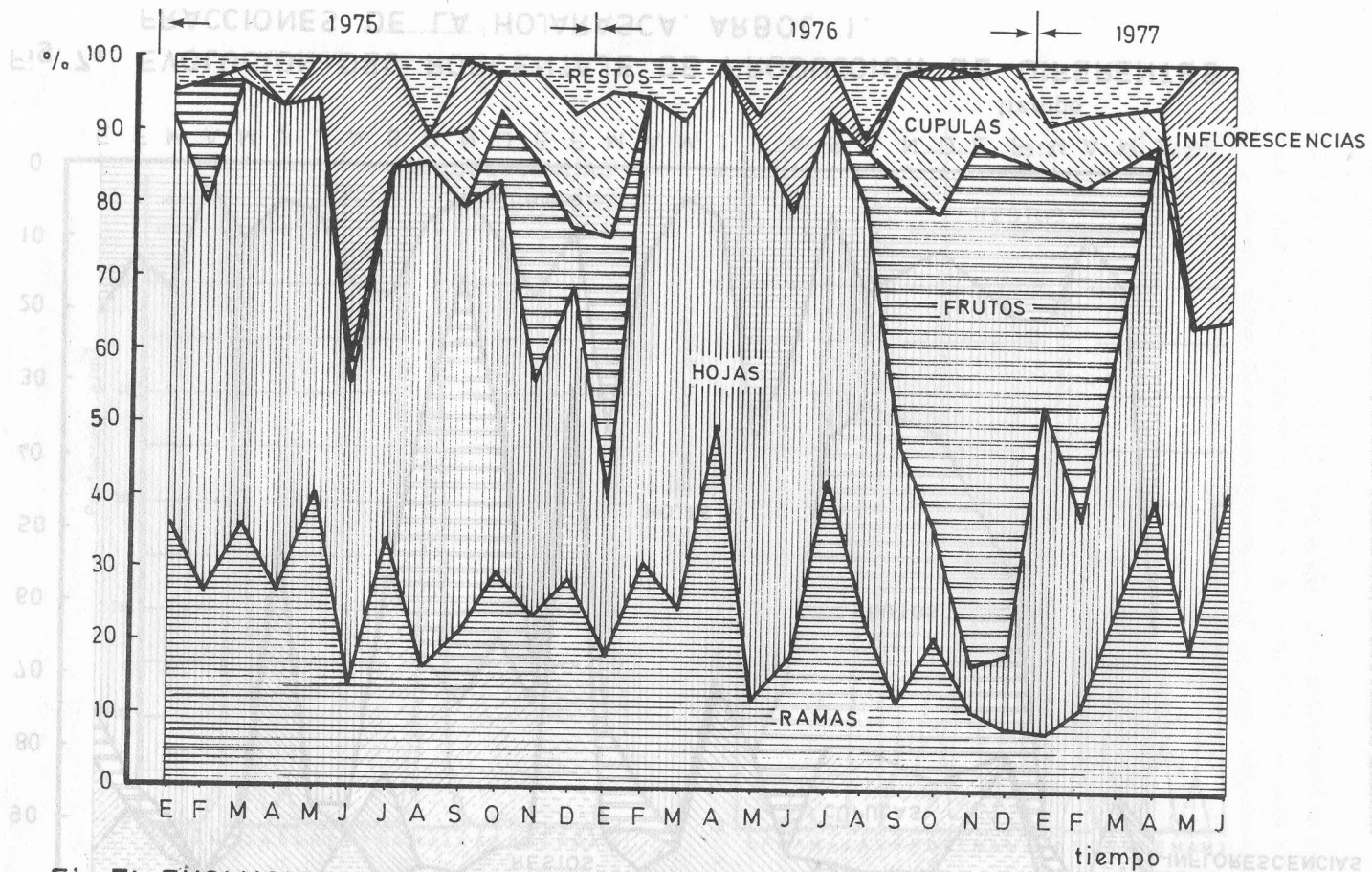


Fig.7b EVOLUCION DEL PORCENTAJE DE PRODUCCION DE DIFERENTES FRACCIONES DE LA HOJARASCA. ARBOL 2.

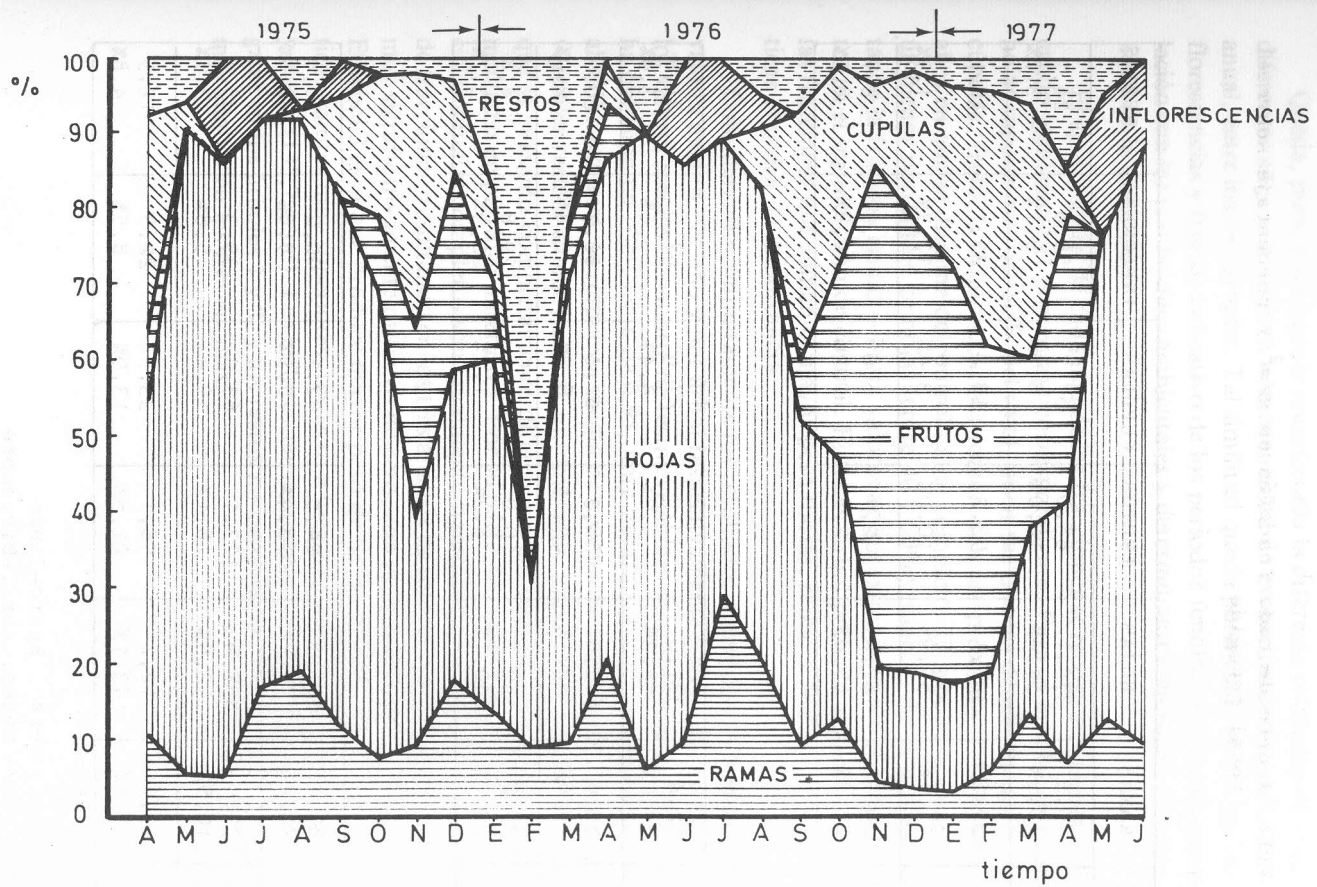


Fig. 7c EVOLUCION DEL PORCENTAJE DE PRODUCCION DE DIFERENTES FRACCIONES DE LA HOJARASCA. ARBOL 3.

TABLA VIII. Aporte de cada fracción en g/m² y porcentaje sobre el total recogido.

ARBOL 1

AÑO	RAMAS	HOJAS	FRUTOS	CUPULAS	INFLORES.	RESTOS
1975	70,9 10,9%	374,1 57,4%	65,0 10,0%	57,7 8,9%	59,6 9,1%	24,1 3,7%
1976	59,3 11,1%	320,1 59,9%	53,2 10,0%	18,2 3,4%	73,1 13,7%	10,1 1,9%
⁽¹⁾ 1977	20,1 21,3%	62,2 65,8%	2,7 2,8%	0,6 0,7%	0,8 0,8%	8,1 8,5%

ARBOL 2

1975	152,4 24,1%	331,0 52,3%	33,2 5,2%	27,6 4,4%	67,0 10,6%	21,9 3,4%
1976	183,6 18,6%	415,6 42,1%	238,3 24,1%	62,4 6,3%	66,7 6,8%	20,2 2,0%
⁽¹⁾ 1977	30,8 23,7%	52,1 40,1%	10,8 8,3%	1,6 1,2%	29,8 22,9%	4,8 3,7%

ARBOL 3

⁽²⁾ 1975	87,1 12,2%	501,3 70,2%	24,5 3,4%	42,1 5,9%	40,2 5,6%	18,8 2,6%
1976	71,6 10,5%	357,9 52,5%	123,1 18,1%	63,7 9,4%	39,3 5,8%	25,4 3,7%
⁽¹⁾ 1977	23,7 9,1%	112,2 43,1%	56,1 21,5%	33,7 13,0%	22,3 8,5%	12,5 4,8%

(1) Seis meses, Enero-Junio

(2) Nueve meses, Abril-Diciembre

Queda, pues, nuevamente manifestada la diferente respuesta de la encina en diferentes años y la relativa homogeneidad de evolución dentro del mismo ciclo anual, entre los tres árboles. Tal similitud queda potenciada en los aportes de inflorescencias y frutos, indicativo de los periodos fenológicos de más estrecha relación con las condiciones ambientales y determinantes, en suma, de la potencialidad de la población.

El aporte anual de cada una de las fracciones se recoge en la tabla *VIII*, indicando igualmente el porcentaje correspondiente. Para el árbol 1 la fracción de hojas supone más del 50% del total, mientras que las demás fracciones (ramas, cúpulas, frutos e inflorescencias) toman valores próximos a 10% durante los años en que se dispone de control anual completo. El árbol 2 se caracteriza por un menor porcentaje de hojas (entre 40 y 50%) respecto del peso total, aumentando la fracción ramas —hasta valores de aproximadamente el 20%— y los frutos en el segundo año de control. El tercer árbol presenta mayor variación para las fracciones que suman el mayor peso (hojas, ramas y frutos), aunque se mantiene el orden de importancia.

Considerando conjuntamente los resultados obtenidos, se han calculado los valores medios por año y por árbol respectivamente (tabla *IX*). Correlacionados los valores medios del aporte de restos vegetales durante los años 1975 y 1976, se ha obtenido un coeficiente de 0,95, muy significativo con probabilidad superior al 99%. Así pues, la respuesta media de aportes de distintas fracciones de restos vegetales resulta similar; este es un dato muy importante a tener en cuenta, ya que se presenta completamente diferente a las comparaciones interanuales comentadas en párrafos anteriores. Por su parte, los valores medios por árbol, para ciclos anuales completos son igualmente significativos en cuanto a la proporción de fracciones, resultando en los tres análisis de correlación realizados coeficientes muy significativamente distintos de cero, con probabilidades superiores al 99%. El árbol 3 es el que produce mayor peso de hojas, 429,6 g/m², mientras que el 2 tiene valores muy superiores, respecto a los otros árboles, en ramas (168,0 g/m²) y frutos (135,7 g/m²). Las inflorescencias toman valores de aproximadamente 66 g/m² en los árboles 1 y 2, y los restos no catalogados representan un porcentaje muy similar en las tres encinas.

TABLA IX. Aportes medios por árbol y año en g/m²

AÑO	RAMAS	HOJAS	FRUTOS	CUPULAS	INFLORES.	RESTOS
1975	103,5 15,5%	402,1 60,4%	40,9 6,1%	42,5 6,4%	55,6 8,3%	21,6 3,2%
1976	104,8 14,3%	364,6 49,7%	132,2 18,8%	48,1 6,6%	59,7 8,1%	18,5 2,5%
(1) 1977	24,9 15,4%	75,5 46,7%	23,2 14,3%	12,0 7,4%	17,6 10,9%	8,6 5,3%

(1) Seis meses, Enero-Junio

ARBOL (2)	RAMAS	HOJAS	FRUTOS	CUPULAS	INFLORES.	RESTOS
1	65,1 11,0%	347,1 58,6%	59,1 10,0%	38,0 6,4%	66,4 11,2%	17,1 2,9%
2	168,0 11,4%	373,3 61,6%	135,8 10,6%	45,0 7,6%	66,8 5,7%	22,1 3,2%
3	79,4 20,7%	429,3 46,1%	73,8 16,8%	52,9 5,6%	39,7 8,2%	21,0 2,6%

(2) Se excluye el año 1977

CORRELACIONES

(75-76) = 0,95 ***

(A1-A2) = 0,94 ***

(A1-A3) = 0,99 ***

(A2-A3) = 0,94 ***

BIBLIOGRAFIA

- BRAY, J.R. y GORHAM, E. 1964. *Litter production in forest of the world*. Adv. Ecol. Res. 2:101-157.
- EBERMAYER, E. 1876. *Die gesamte Lehre der Waldstreu mit Rücksicht auf die chemische statik des Waldbaues*. 116 pp. J. Springer.
- GARCIA RODRIGUEZ, A. 1964. *Los suelos de la provincia de Salamanca*. Publicaciones del IOATO. Salamanca.
- GARMENDIA IRAUNDEGUI, J. 1964. *El clima de la provincia de salamanca*. Publicaciones del IOATO. Salamanca.
- LOSSAINT, P. 1967. *Etude intégrée des facteurs écologiques de la productivité au niveau de la pédosphère en region méditerranéenne dans le cadre du P.B.I.* Programme et description des stations. Oecol. Plant. 4 (4): 341-366.
- LUIS CALABUIG, E., ALONSO PELOCHE, H., ESCUDERO BERIAN, A., GAGO GAMALLO, M^a L. y GOMEZ GUTIERREZ, J.M. 1978. *Relaciones bioclimáticas de diversos factores ecológicos en la encina (Quercus rotundifolia Lam.)* VI Simposio de Bioclimatología. 268-287.
- LUTZ, H.J. y CHANDLER, R.F. Jr. 1946. *Forest Soils*. John Wiley.
- POLI, E., LEONARDI, S. y BELLA, R. 1974. *Produzione di lettiera nella lecceta del M. Minardo (Etna) nel periodo Settembre 1970 Giugno 1974*. Archivio Botanico e Biogeografico Italiano. Vol. I, 4^a Serie. Vol. XIX. Fasc. III-IV.
- RAPP, M. 1967. *Production de litiere et apport au sol d'éléments minéraux et d'azote dans un bois de pins d'Alep (Pinus halepensis Mill.)*. Oecol. Plant. 2 (4): 325-338.
- RAPP, M. 1969. *Production de litiere et apport au sol d'éléments minéraux dans deux écosystèmes méditerranéens: la forêt de Quercus ilex L., Quercus lanuginosa Lamk. et Pinus halepensis Mill.* Oecol. Plant. 4 (1): 71-92.
- RAPP, M. 1969. *Production de litiere et apport au sol d'éléments minéraux dans deux écosystèmes méditerranéens: la forêt de Quercus ilex L. Quercus coccifera L.* Oecol. Plant 4 (4):377-410.
- RAPP, M. 1971. *Cycle de la matière organique et des éléments minéraux dans quelques écosystèmes méditerranéens*. Ed. du CNRS.
- SATCHELL, J.E. 1974. in: *Biology of Plant Litter Decomposition*. Acad. Press. London.