

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA, CATIE

Departamento de Recursos Naturales Renovables

Turrialba, Costa Rica

1983

**ESTUDIO DE SISTEMAS AGROFORESTALES EN EL
EXPERIMENTO CENTRAL DEL CATIE, TURRIALBA**

III. PRODUCCIÓN DE RESIDUOS VEGETALES

L. Alpfzar *
H.W. Fassbender**
J. Heuvelop ***

La publicación y distribución de este trabajo fue patrocinado por el Programa Suizo de Cooperación para el Desarrollo, DDA, por medio de INFORAT: Información y Documentación Forestal para América Tropical

-
- * Estudiante graduado, Facultad de Ciencias Forestales, Gotinga, Alemania
** Profesor de la Facultad Técnica Forestal, Gotinga, Alemania. Consultor del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ/RNR.
*** Coordinador del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ/RNR.

ESTUDIO DE SISTEMAS AGROFORESTALES EN EL EXPERIMENTO CENTRAL DEL CATIE, TURRIALBA

III. PRODUCCION DE RESIDUOS VEGETALES

1. Introducción

Para describir un sistema de producción agroforestal es necesario describir sus componentes-analizando la biomasa y las reservas nutritivas (ALPIZAR et al 1983)-, sus procesos dinámicos de producción (ALPIZAR et al, 1983 b) y las interacciones que resultan de las características fisiológicas y fenológicas de los componentes del sistema. Algunos de los cultivos interesantes en sistemas agroforestales son umbrofilicos, es decir que requieren sombra para su desarrollo normal. Los árboles de sombra tienen ventajas y desventajas (BUDOWSKI, 1981; DE LAS SALAS y FASSBENDER, 1981; HARDY, 1962; HAVORD, 19; MARTINEZ y ENRIQUEZ, 1981; MULLER, 1965; UROUHART, 1963). Las interacciones más importantes son las de competencia de luz, agua y elementos nutritivos.

En el ciclo de la materia orgánica y de elementos nutritivos tanto los cultivos como los árboles de sombra y/o maderables producen residuos que caen al suelo, d son descompuestos o mineralizados y objeto de resistencia y producción de sustancia húmica. Las leguminosas utilizadas como árboles de sombra fijan N atmosférico que se involucra en el ciclo respectivo.

Hasta ahora solo se ha encontrado pocos estudios sobre la producción de residuos vegetales en forma natural y de manejo de sombras en sistemas agroforestales (ARANGUREN et al, 1983; 1983 b; BEER, 1982; BEER y GLOVER, 1983; BOYER, 1973;RUSSO, 1983).

En este informe se presentan los resultados de las determinaciones de residuos vegetales en los sistemas agroforestales.

- café con laurel
- café con poró
- cacao con laurel
- cacao con poró

2. Materiales y métodos

2.1 Determinación de la producción natural de residuos vegetales

Para las mediciones de la caída natural de hojarasca se utilizaron trampas colectoras colocadas en las parcelas N° 36 (café + laurel), N° 37 (café + poró), N° 42 (cacao + laurel) y N° 46 (cacao + poró) del Experimento Central del CATIE. Por parcela se colocaron 6 trampas con marco de madera (de 1 m de lado y 10 cm de alto) y con fondo de malla fina de fibra de vidrio a una altura de 10 cm del suelo. Las mediciones se iniciaron en Noviembre de 1981 y se concluyeron en Octubre de 1982. Las trampas se ubicaron de la siguiente manera: en el sistema café con laurel, 3 de las trampas se pusieron a lo largo de una hilera de árboles de laurel y las 3 restantes a lo largo de 2 hileras de cafetos; el mismo patrón de colocación se siguió para el sistema café con poró; en el sistema cacao con laurel, las 6 trampas fueron ubicadas de tal manera que ocuparon el centro de 4 cacaoteros y al mismo tiempo el centro de dos árboles de laurel; el mismo patrón de colocación se siguió para el sistema cacao con poró.

Las muestras se recolectaron cada 7 días y en forma individual para las 24 trampas separándolas en los diferentes compartimentos de hojas, ramas, frutos (café), peciolo (poró) y anotando los pesos frescos de cada uno de los compartimentos. Las flores de café, cacao y laurel y contabilizaron en el compartimentos de las hojas. Luego se secaron en una estufa a 72°C. y se pasaban por un Molino Wiley de mallas 20 y 40, para determinar los contenidos totales de N, P, K, Ca y Mg.

2.2. Análisis químicos

Para el N-total se utilizó el método microkjeldahl modificado por MULLER, (1965). Para los totales de P, K, Ca y Mg, las muestras fueron sometidas a una digestión nitroperclórica, según la metodología de LOPEZ (1976) el potasio, calcio y magnesio se leyeron en el aparato de absorción atómica del Laboratorio de suelos del CATIE, modelo Perkin-Elmer 370A, se utilizó la metodología que para extractos vegetales indican DIAZ-ROMEAU y HUNTER, (1978). El fósforo se determinó colorimétricamente según lo describe LOPEZ (1976).

3. Resultados y Discusión

3.1. Producción de residuos vegetales naturales en los sistemas café con laurel y café con poró.

En el Cuadro N° 1 se pe presentan los promedios anuales de las concentraciones de elementos nutri nutritivos (N, P, K, Ca y Mg), -xpresados en porciento, hallados en las muestras bimensuales de hojarasca, de los distintos componentes de los sistemas estudiados.

En el Cuadro 2 se presentan los datos de la producción mensual promedio de residuos naturales y en la Fig. 1 se representa graficamente. Así se tiene que, el sistema café con laurel presenta una producción total anual de 5703 kg/ha/año de materia seca; el sistema café con poró presenta un valor de 7598 kg/ha/año de residuos vegetales.

En el Cuadro 1 se presentan también los datos, correspondientes a las cantidades anuales de elementos nutritivos (N, P, K, Ca y Mg totales) contenidas en la hojarasca. Se tiene que el sistema café con laurel presenta los siguientes valores totales (kg/ha/año): 114.4 N; 7.5 P; 54.5 K; 110.1 Ca y 37.4 Mg; el sistema café con poró: 174.9 N; 10.7 P; 75.4 K; 121.9 Ca y 33.4 Mg.

Se observa que las hojas de café en el sistema café con laurel caen principalmente en los meses de febrero a junio, con sus valores mayores en los meses de marzo, abril y mayo, luego se presenta un segundo pico en los meses de setiembre y agosto; la mayor caída de ramas de café se presentan en los meses de octubre y diciembre, y la mayor caída de frutos se presenta en los meses de setiembre y octubre. Por su parte, las hojas de café en el sistema café con poró caen principalmente durante los meses de marzo a junio, con sus valores principales en los meses de abril, mayo y junio, se observan además 3 picos secundarios en los meses de agosto, octubre y diciembre, los picos en la caída de ramas se presenta en febrero el principal y los secundarios en mayo, agosto, setiembre y octubre. En cuanto a la caída de los frutos los valores mayores se concentran en los meses de agosto, setiembre y octubre, con el mayor valor en octubre.

Esta distribución durante el año ha sido aparentemente determinada por la distribución de lluvias en el año de estudios (CATIE, 1983 datos no publicados, mm) como se ve a continuación

CUADRO 1. CONTENIDO DE ELEMENTOS NUTRITIVOS EN LOS RESIDUOS VEGETALES (PORCIENTO, %))

TRATAMIENTO	CAFE + LAUPEL					CAFE + PORO					
	Tipo de material	Café hojas	Café ramas	Café frutos	Laurel hojas	Laurel ramas	Café hojas	Café ramas	Café frutos	Poró hojas	Poró peciolo
	N	1.97	1.23	1.50	2.16	0.84	2.27	1.50	1.65	2.94	1.89
	P	0.13	0.11	0.15	0.13	0.11	0.12	0.12	0.15	0.19	0.14
	K	1.17	0.47	1.63	0.74	0.87	1.04	0.68	1.45	0.65	1.23
	Ca	1.42	0.96	0.62	2.47	1.34	1.67	1.02	0.56	2.08	1.92
	Mg	0.53	0.30	0.17	0.81	0.58	0.51	0.27	0.14	0.42	0.74
TRATAMIENTO		CACAO + LAUREL					CACAO + PORO				
Tipo de material		Cacao hojas	Cacao ramas	Laurel hojas	Laurel ramas	Cacao hojas	Cacao ramas	Poró hojas	Poró peciolo		
	N	1.15	0.90	2.12	1.31	1.35	1.42	2.64	1.31		
	P	0.10	0.26	0.28	0.12	0.07	0.18	0.15	0.09		
	K	0.80	1.15	1.18	0.60	0.68	1.45	0.51	0.72		
	Ca	1.66	1.33	2.08	1.04	1.74	1.64	1.9	1.97		
	Mg	0.67	0.70	0.81	0.54	0.71	0.46	0.48	0.75		

CUADRO 2. PRODUCCION DE RESIDUOS VEGETALES EN FORMA NATURAL DE LOS SISTEMAS CAFÉ CON LAURELY CAFÉ CON PORÓ (KG/HA)

TRATAMIENTO	CAFÉ + LAUREL						CAFÉ + PORO					
	Café hojas	Café ramas	Café frutos	Laurel hojas	Laurel ramas	Laurel ramás	Café hojas	Café ramas	Café frutos	Poró hojas	Poró Peciolos	
MATERIA SECA												
Noviembre 1981	72.9	3	5.1	252	3		183	4.5	30	165.9	21	
Diciembre 1981	83	15	8	365	9		340	17	92	398	46	
Enero 1982	78	1.2	5.6	187.2	11.2		134	20	54	484	72	
Febrero 1982	182.8	2	4	254	24		132	82	34.8	334	42	
Marzo 1982	283.2	0.4	1.6	362.8	4.8		428.8	18	14.8	10.8	2	
Abril 1982	306.8	0.52	16	387.2	0.2		602	9.2	26	1.2	0	
Mayo 1982	274	0.12	7.2	188.8	1.6		676	30	36.8	6	0	
Junio 1982	132.5	4	15	112.5	18.5		499	16	61	24	3	
Julio 1982	42.8	1.6	8	86	10		338.8	20	30	62	8.4	
Agosto 1982	127	0	52	205	5		404	45	136	76	4	
Setiembre 1982	162	0.8	130.8	280.8	18		252	28.8	146.8	44	4	
Octubre 1982	234.8	16	154.8	442.8	32.8		392	29.2	250.8	124.8	10	
SUMA ANUAL	1979.8	44.64	416.1	3124.1	138.1		4381.6	319.7	953	1730.7	212.4	
ELEMENTOS QUIMICOS												
Tipo de material	N	P	K	Ca	Mg		N	P	K	Ca	Mg	
Café hojas	39.0	2.5	23.1	28.1	10.4		99.4	5.2	45.5	73.1	22.3	
Café ramas	0.5	0.0	0.2	0.4	0.1		4.8	0.3	2.1	3.2	0.8	
Café frutos	6.2	0.5	6.7	2.5	0.7		15.7	1.4	13.8	5.3	1.3	
Laurel hojas	67.4	4.0	23.1	77.1	25.3		50.8	3.2	11.2	36.0	7.2	
Laurel ramás	1.1	0.1	1.2	1.8	0.8		4.6	0.3	2.6	4.0	1.5	
SUMA TOTAL	114.4	7.4	54.4	110.1	37.4		174.8	10.6	75.4	121.8	33.3	

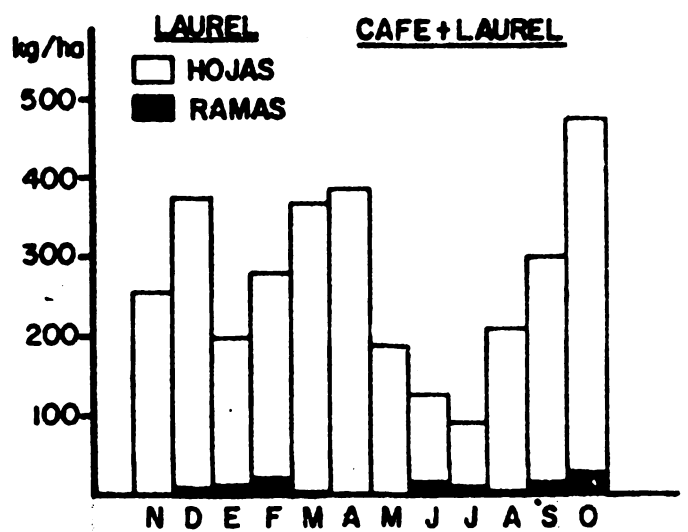
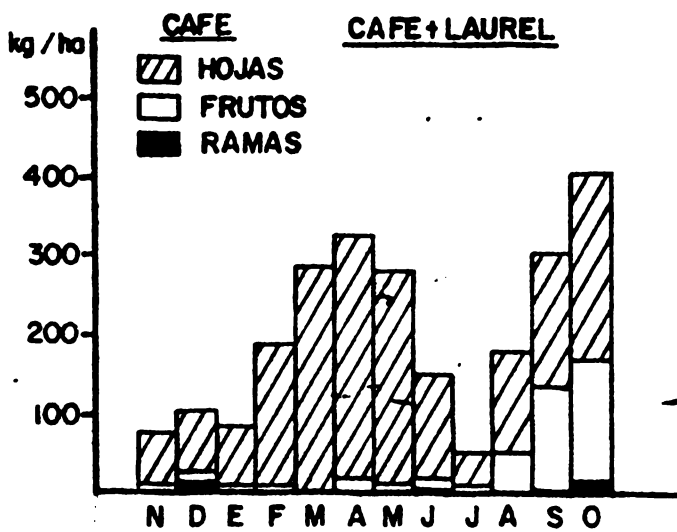
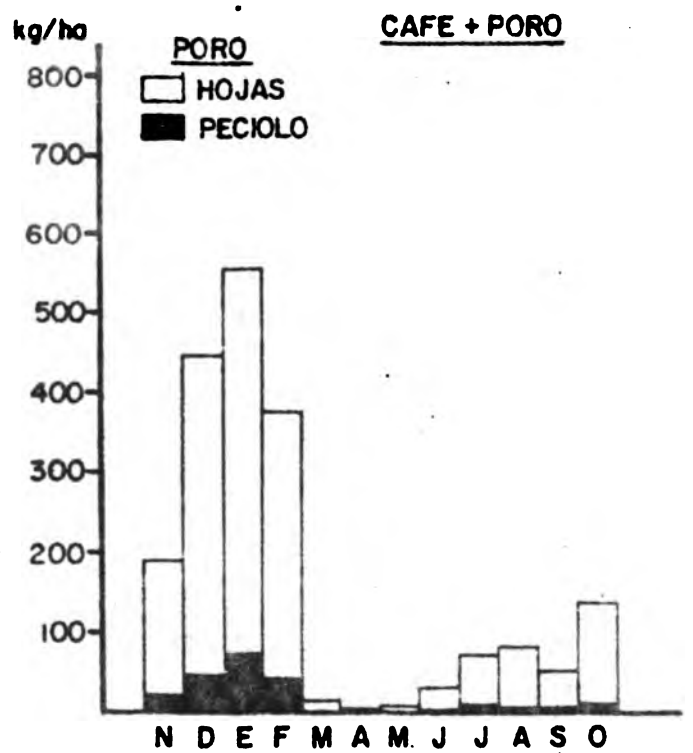
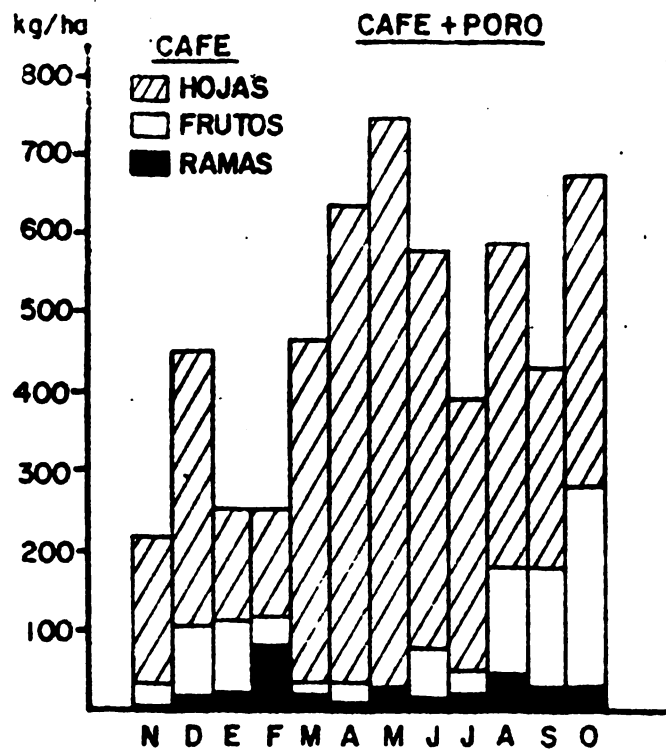


Figura 1. Producción natural de residuos vegetales en los sistemas agroforestales Café con laurel y café con poró.

	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
(1988- 1991	150	228	165	248	85	288	76	86	113	183	110	109
Epoca de estudio	621	166	58	43	58	52	207	304	531	320	222	417

Así en los meses extremadamente secos de enero a abril se produjo un déficit hídrico que obligó a las plantas a una caducifolia anormal.

En base a los datos del Cuadro N°1 en donde se resumen los totales anuales de caída de hojarasca, se tiene que la distribución por compartimentos del sistema café con laurel es de 34.5% de hojas de café, el 54.8% a hojas de laurel un 7.3% a frutos de café, un 2.4 a ramitas de laurel y 0.8% a ramitas de café; en el sistema café con poró corresponden a 57.7% a hojas de café, 22.8% a hojas de poró, 12.5% a frutos de café, 4.2% a ramitas de café y 2.8% a pecíolos de poró. Los valores encontrados se encuentran en el ámbito encontrado en la literatura; los valores para el sistema con sombra oscilan entre 4 y 8 t/ha y año (Cuadro 4), un caso excepción fue publicado por ARANGUREN (1982) con 11,2 t/ha y año. Hay que indicar que las diferencias se deben al tipo de café y sombra, edad de la plantación, manejo del cultivo y otras, etc.

3.2. Producción de residuos vegetales naturales en los sistemas cacao con laurel y cacao con poró.

Según los datos del cuadro 3 el sistema cacao con laurel alcanzó un valor de 5940 kg materia seca/ha y año, por su parte el sistema cacao con poró llegó a un valor correspondiente de 6435 kg/ha y año.

Las cantidades de elementos nutritivos corresponden en el sistema cacao con laurel (kg/ha y año): 94.7 N; 10.9P; 57.4 K; 108.3 Ca y 43.3 Mg; en el sistema cacao con poró (kg/ha y año): 115.8 N; 6.4 P; 40.2 K; 116.1 Ca y 40.6 Mg.

En la Fig. 2 se observa que las hojas de cacao en el sistema cacao con laurel caen principalmente en los meses de febrero a junio, con valores mayores en febrero y junio, los picos en la caída de ramitas se presentan en los meses de febrero y julio. Por su parte, la caída principal de hojas de cacao en el sistema cacao con poró se realiza en los meses de febrero a junio, con valores mayores en los meses de febrero, marzo y junio, el pico principal en la caída de ramitas se presentan en

CUADRO 3. PRODUCCION DE RESIDUOS VEGETALES EN FORMA NATURAL EN LOS SISTEMAS CACAO CON LAUREL Y CACAO CON PORO (KG/HA)

TRATAMIENTO		CACAO + LAUREL						CACAO + PORO					
Tipo de material		Cacao hojas	Cacao ramas	Laurel hojas	Laurel ramas	Cacao hojas	Cacao ramas	Poró hojas	Poró peciolos	Cacao hojas	Cacao ramas	Poró hojas	Poró peciolos
MATERIA SECA													
Noviembre	1981	51	0	330.9	27	156.9	0	62.1	9				
Diciembre	1981	86	0	499	23.5	288	0	177	30				
Enero	1982	115.2	0.4	198	7.2	180	10	263.2	30				
Febrero	1982	766.8	16	230	10.8	504	0	372	8.8				
Marzo	1982	328	0	288	11.2	723.2	0	62	14				
Abril	1982	240.8	1.2	343.2	16	307.2	0	34.8	0.4				
Mayo	1982	258.8	0	140.8	7.2	346	1.2	112	15.2				
Junio	1982	461	4	52	23	576	2	470	7				
Julio	1982	254.8	18	56.8	23.2	354	0	97.2	4				
Agosto	1982	224	0	113	63	231	0	271	33				
Setiembre	1982	74	0	162	30	81.2	0	197.2	39.2				
Octubre	1982	100	0	278	6	192	6	126	40				
SUMA ANUAL		2960.4	39.6	2691.7	248.1	3939.5	19.2	2244.5	230.6				
ELEMENTOS QUIMICOS													
Tipo de material		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg		
Cacao hojas		34.0	2.9	23.7	49.1	20.0	53.2	2.8	26.8	68.6	28.0		
Cacao ramas		0.4	0.1	0.5	0.5	0.3	0.2	0.0	0.2	0.3	0.0		
Laurel hojas		57.0	7.5	31.7	56.0	21.8	59.2	3.3	11.4	42.6	10.7		
Laurel ramas		3.2	0.3	1.4	2.5	1.3	3.0	0.2	1.6	4.5	1.7		
SUMA TOTAL		94.7	10.9	57.4	108.2	43.2	115.7	6.37	40.1	116.0	40.5		

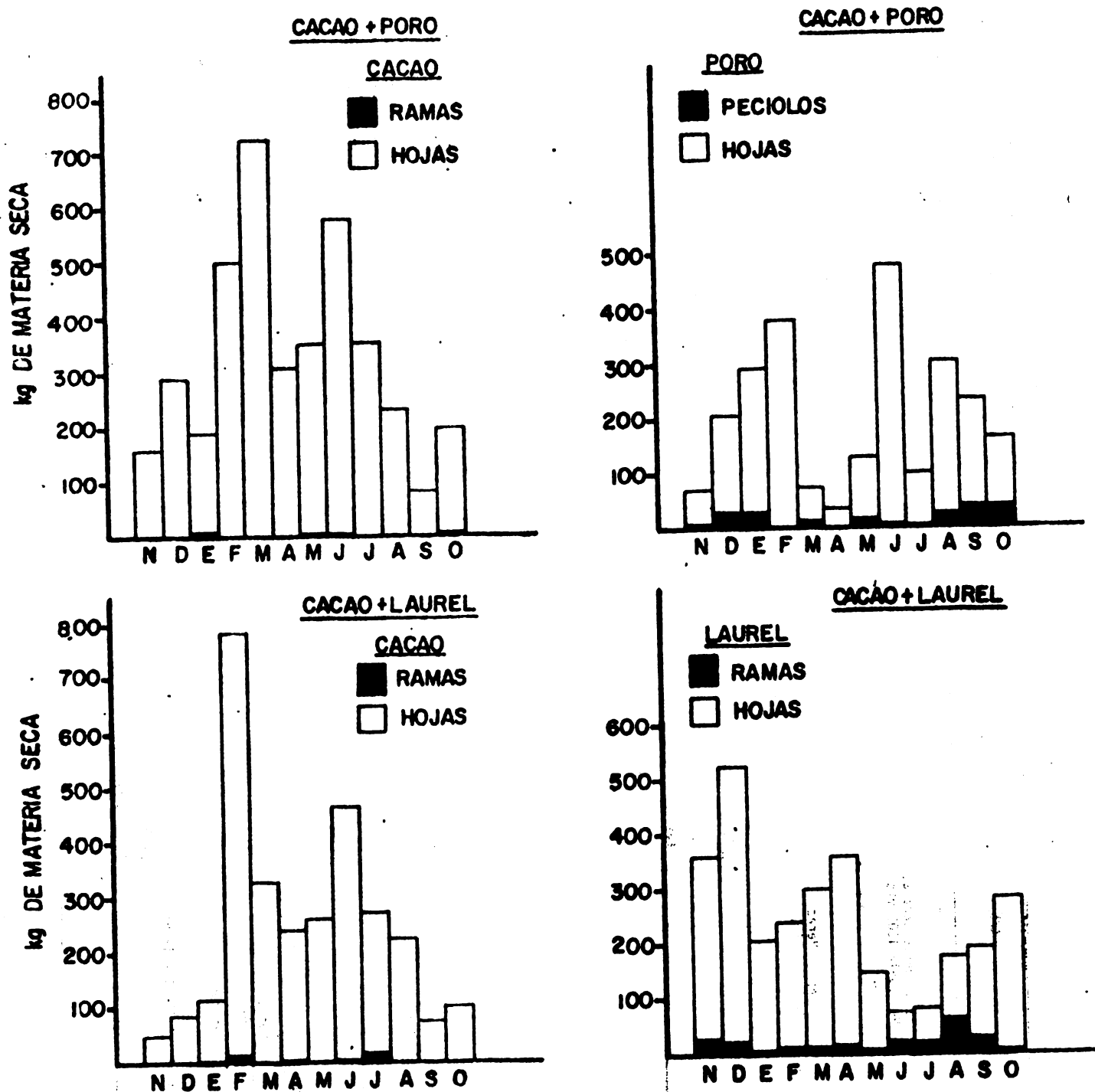


Figura 2. Producción natural de residuos vegetales en los sistemas agroforestales cacao con poró y cacao con laurel.

Cuadro 5: Producción de residuos vegetales naturales y de podas en los sistemas café con laurel y café con poró.

<u>Expt. Central</u>	<u>Materia seca</u> t/ha	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>
<u>Café + Poró</u>						
R. naturales	7.6	175	11	75	122	33
R. Podas	12.4	286	24	184	121	43
TOTAL	20.0	461	35	259	243	76
<u>Café + Laurel</u>						
TOTAL	5.7	114	8	55	110	37
<u>La Suiza (J. Beer, N. Glover, 1983)</u>						
Café + Poró	17.8	377	31	276	246	49
Café + Poró + Laurel	16.1	338	33	169	330	70

enero y otro secundario en octubre. El sistema cacao con laurel presenta una biomasa total de 5940 kg/ha/año, de la cual el 49.8% corresponde a hojas de cacao, el 45.3% a hojas de laurel, el 4.2% a ramitas de laurel y 0.7% a ramitas de cacao, el sistema cacao + poró presenta una biomasa total de 6435 kg/ha/año, de lo cual el 61.2% corresponden a hojas de cacao, 34.9% a hojas de poró; 3.6% pecíolos de poró y 0.3% a ramitas de cacao. En general, se tiene que los mayores contribuyentes a la caída natural de la hojaras son las hojas tanto de los cultivos como de los árboles.

Aquí es también necesario indicar que la fuerte sequía de los meses de enero a abril 1982 ha sido decisiva para la cantidad de residuos vegetales. Para obtener resultados valideros es necesrio conducir las observaciones por varios años.

En el cuadro 4 se ofrece una comparación de los datos obtenidos en el presente estudio con los hallados en la literatura; mientras que en Venezuela ARANGUREN encontró 20.8 t/ha y año; BOYER (1973) reportó 8445 t/ha y año, siendo ambos valores más altos que los encontrados aquí. Las relaciones porcentuales de las contribuciones que hacen tanto las hojas de cacao como los árboles de sombra se aproximan mucho a las relaciones porcentuales reportadas para tales componentes, no siendo así en asocio con café un contenido mayor de K. GRANADOS (1972) indica que para las condiciones de Turrialba el cacao con poró produce entre 5.2 y 8.2 t/ha y año de residuos

3.3 Producción de residuos vegetales de poda en sistemas con café

La producción de residuos de podas realizadas en los sistemas agroforestales con poró en otras leguminosas, para regular la floración y la maduración de los frutos (URQUHART, 1963; HARDY, 1961; MULLER, 1965) implica un aumento de la deposición de residuos vegetales.

Al comparar en el Cuadro 5, se observa que los valores de las podas (ALPIZAR, 1983) son más altos que la producción natural de residuos. Así se llega en la el sistema café con poró a una producción total de 20,0 t/ha y año, conteniendo 461 kg N/ha y año. Con estos valores se cuadruplica la deposición natural del sistema café con laurel. BEER y GLOVER (1983) encontraron en La Suiza igualmente valores muy altos; bajo café y poró 17.8 t/ha y año; bajo café con laurel y poró 16.1 t/ha y año.

4. Resumen

Se estudió la caída natural de hojarasca en los sistemas agroforestales de café con laurel, cacao con laurel y cacao con poró, del experimento "La Montaña".

El sistema café con laurel presenta una caída total de hojarasca de 5703 kg/ha/año de materia seca, el sistema café con poró presenta 7598 kg/ha/año de materia seca, el sistema cacao con laurel presenta 5940 kg/ha/año de materia seca y el sistema cacao con poró presenta 6435 kg/ha/año de materia seca. En todos los sistemas, los mayores contribuyentes son las hojas tanto de los cultivos como de los árboles.

Por otro lado, se realizó un inventario de las cantidades de elementos nutritivos (N, P, K, Ca y Mg totales) presentes en la hojarasca. Así se tiene que el sistema café con laurel presentó los siguientes valores totales (kg/ha y año): 114.4 de N, 110.2 Ca, 54.5 K, 37.4 Mg y 7.5 P; se obtuvo para el sistema café con poró (kg/ha y año): 174.9 N, 121.9 Ca, 75.4 de K, 33.4 Mg y 10.7 P; el sistema cacao con laurel presentó (kg/ha y año) Ca, 94.7 de N, 57.4 K, 43.3 Mg y 10.9 P; por último el sistema cacao con poró presentó (kg/ha y año) 116.1 Ca, 115.8 N, 40.6 Mg, 40.2 K y 6.4 P.

La distribución entre los meses del año estuvo afectada por la sequía (enero a abril 1982) conllevándose los valores más altos mensuales.

Bajo las condiciones de café con poró, la deposición de residuos con las podas, aumenta notablemente llegando a 20,0 t/ha y año conteniendo 461 kg N/ha y año.

5. Literatura

1. ALPIZAR, L., ENRIQUEZ, G., FASSBENDER, H.W., HEUVELDOP, J. Estudio de ecosistemas agroforestales en el experimento Central del CATIE. II Producción agrícola y maderable. CATIE. 1983. mimeo.
2. ALPIZAR, L., FASSBENDER, H.W. y HEUVELDOP, J. Determinación de biomasa y reservas nutritivas (N, P, K, Ca, Mg). CATIE, 1983, mimeo.
3. ARANGUREN, J., ESCALANTE, G. y HERRERA, R. Ciclo de nitrógeno en cultivos tropicales permanentes bajo árboles de sombra. I. Café. *Plant and Soil* 67: 247-258. 1982.
4. _____. Ciclo del nitrógeno en cultivos tropicales permanentes bajo árboles de sombra. II Cacao. *Plant and Soil* 67: 259-269. 1982.
5. BEER, J. W. CATIE-UMU Annual Report, 1982. (Unpublished).
6. BEER, J. y GLOVER, N. Litterfall in laurel-*poró*-coffee plantations. CATIE, Turrialba, 1983. Unpublished. 47 p.
7. BUDOWSKI, G. Agroforestry in Central America. In: Heuvelodp, J. y Lagemann, J. *Agroforestry Seminar, Turrialba, Costa Rica.* 1981, 13-21.
8. BOYER, J. Cycles de matière organique et des éléments minéraux dans une cacaoyère Camerounaise. *Café, Cacao, The* 17: 3-23. 1973.
9. DE LAS SALAS, G. y FASSBENDER, H.W. The soil science basis of agroforestry production systems. In Heuvelodp, J. y Lagemann, J. *Agroforestry Seminar in Turrialba, Costa Rica,* 1981, 27-33.
10. GRANADOS, A. Mineralización del azufre en suelos c bajo cacao. CATIE, Turrialba, Costa Rica, M.Sc. Tesis 1972.
11. JIMENEZ AVILA, E. y MARTINEZ, VARA, P. Estudios ecológicos del agroecosistema Cafetalero. II Producción de materia orgánica en diferentes tipos de estructura. *Biotica* 4(3): 109-126. 1979.
12. LOPEZ, C.A. Manual de laboratorio de fertilidad de suelos. Universidad de Costa Rica. 1976. 44 p.
13. MARTINEZ, A. y ENRIQUEZ, G. La sombra para cacao. CATIE, Turrialba, 1981. mimeogr. 93 p.
14. MULLER, L. Un aparato microkjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. *Turrialba (Costa Rica)* 11(1): 17-25. 1965.
15. _____. *Coffee nutrition In Childrens. Temperate tropical fruit nutrition.* Somersset press. New Yersey. 1066.
16. RUSSO, R. Efecto de la poda de *Erythrina poeppigiana* (*poró*) sobre la nodulación producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal "café-*poró*". CATIE, Tesis de Magister Scientiae, 1983. 106 p.
17. SUAREZ DE CASTRO, F. y RODRIGUEZ, A. Equilibrio de materia orgánica en plantaciones de café. *Federación Nacional de cafeteros de Colombia* 2(5):5-28. 1955.