

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE
Departamento de Recursos Naturales Renovables
Turrialba, Costa Rica
1983

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

II. PRODUCCION AGRICOLA Y MADERABLE

L. Alpizar*
G. Enríquez**
H.W. Fassbender***
J. Heuveloop****

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
- ** Especialista en Cacao. Departamento de Producción Vegetal CATIE/DPV.
- *** 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

II. PRODUCCION AGRICOLA Y MADERABLE

1. Introducción

En el Experimento Central "La Montaña" del CATIE en Turrialba iniciado en 1977 (ENRIQUEZ, 1979) se han tomado datos de cosecha de todos los tratamientos en estudio. Para el estudio de los sistemas de producción agroforestales se han seleccionado 7 de los tratamientos (ALPIZAR et al. 1983):

1. Sistema café con laurel
2. Sistema café con poró
3. Sistema cacao con laurel
4. Sistema cacao con poró
5. Sistema pasto con laurel
6. Sistema pasto con laurel
7. Sistema pasto

Además de los datos de biomasa (ALPIZAR et al. 1983) interesan, para la evaluación de los ciclos de elementos nutritivos, los datos de producción.

En este informe se presentan los resultados de la producción de café en dos combinaciones agroforestales diferentes hasta la edad de 5 años y 5 meses, así como la cantidad de N, P, K, Ca y Mg totales asociados a tales cosechas.

2. La producción de cacao en dos combinaciones agroforestales diferentes hasta la edad de 5 años y 4 meses, así como la cantidad de N, P, K, Ca y Mg totales asociados a tales cosechas.

3. La producción de pasto en dos combinaciones agroforestales diferentes y de pasto sólo, hasta la edad de 5 años y 3 meses, así como la cantidad de N, P, K, Ca y Mg totales asociados a las cosechas.

4. La producción de frijol en dos combinaciones agroforestales, así como la cantidad de N, P, K, Ca y Mg totales asociados a tales cosechas.

5. La producción de madera de tallos de laurel a los 5 años y 4 meses en las combinaciones con café, cacao y pasto, complementando los trabajos de **ROMEIJN y WILDERINK (1981)**; así como la madera extraída por raleos.

+ 2. Materiales y Métodos

2.1 Cosechas de café

El café se cosecha desde noviembre de 1978, y hasta junio de 1982 se realizaron las mediciones de: granos maduros/planta, granos varios/planta, peso fresco total de granos/planta. Posterior a junio de 1982 solamente se anota el peso fresco total de los granos por parcela, diferenciando el borde y la parcela efectiva. En febrero de 1983 se realizó una poda al café. Desde 1978 se llevan mediciones de diámetro y altura de los cafetos, dos veces al año. Las malezas se combaten con machete.

Para calcular los datos de cosecha se sumó por parcela y por año la producción en frutos completos de 112 cafetos que representan la parcela efectiva. Para cada repetición se obtuvo la producción en kg/árbol/año la que se multiplicó por 5000 que es la densidad de café/ha, para obtener los kg/ha/año de café fresco.

Durante el período comprendido entre el 8 de setiembre de 1981 y 24 de junio de 1982, cada vez que se cosechaba se sacaba por parcela una muestra de aproximadamente 200 g de frutos completos de café, se **secaba** en una estufa con aire forzado a 70°C, una vez obtenido el peso seco, se mezclaban mensualmente las muestras del mismo tratamiento, se pasaban por un molino **Willey** con malla N° 40.

En febrero de 1983 se realizó un muestreo con el fin de determinar cuanto pesa un litro de café fresco, se obtuvo que en promedio pesaba **0.578 kg**, ello con el objetivo de poder convertir los kg de café fresco a fanegas.

Centro de Investigación y Documentación Agrícola
16 FEB 1983
CIBIA
Turrialba, Costa Rica

2.2 Cosechas del cacao

El cacao se cosecha desde junio de 1979, cada 15 días durante todo el año. Como datos de cosecha se anota el número de mazorcas maduras producidas por árbol y por parcela, el peso húmedo de las mazorcas por árbol y por parcela, el peso húmedo de las semillas por árbol y por parcela, el número de frutos malos, el número de chupones, el número de frutos jóvenes, asimismo se llevan datos de largo y diámetro de mazorcas, grosor máximo y mínimo de la cáscara, número de semillas por mazorca. Además, se llevan datos de diámetro y altura del cacao dos veces al año. Ocasionalmente, una vez al año el cacao recibe una poda de saneamiento, en cuyo caso el material de la poda queda en la parcela. Las malezas se combaten con machete.

Para calcular los datos de cosecha de semillas se procedió a sumar por parcela y por año la producción de 16 cacaoteros que representan la parcela efectiva, a partir de junio de 1979 hasta diciembre de 1982 inclusive. Para cada repetición se obtuvo la producción en kg/parcela/año, la que se multiplicó por un factor de 69.4 equivalente a 1111 árboles/16 árboles, para obtener así los kg/ha/año de semilla de cacao fresco. A su vez, para estimar el peso fresco de la cáscara, se procedió a sacar el número de mazorcas producidos por ha/año para cada repetición, luego se utilizó el peso promedio fresco de la mazorca de cada repetición, el que se multiplicó por el número de mazorcas para obtener el peso total de las mazorcas/ha/año para cada repetición, y finalmente el peso total de mazorcas/ha/año se restó de la producción efectiva de las semillas en cada repetición.

Durante el período comprendido entre el 17 de setiembre de 1981 y 20 de agosto 1982, cada vez que se cosechaba se sacaba por parcela una muestra de aproximadamente 300 g de semilla y otra de 300 g de cáscara, se **secaban** en una estufa con aire forzado a 70°C, una vez obtenido el peso seco, se mezclaban mensualmente las muestras de cáscara o semilla del mismo tratamiento, las de cáscara se pasaban por un molino Willey con malla N° 40, las de semilla se mortereaban.

2.3 Cosechas de pasto

La cosecha del pasto se inició en 1979. La frecuencia de corte para el año de 1979 no se conoce, para el año de 1980 fue de 10 cortes, para los años de 1981 y 1982 fue de 4/5 respectivamente, lo que da una frecuencia de corte cada tres meses. Para la cosecha del pasto se han utilizado hasta el momento marcos de madera de 0.5 m de lado, con los que se obtienen cinco muestras al azar por parcela. Las muestras se secan a 70°C en una estufa con corriente de aire forzado, posteriormente se pesan en una balanza con precisión de 0.1g. El resto del pasto de cada corte es extraído de la parcela.

Para calcular los datos de cosecha se procedió a sumar por parcela y por año la producción de pasto seco producto del muestreo hecho con marcos de madera de 0.25 m², a partir de 1979 hasta octubre de 1982 para pasto + laurel y hasta noviembre 1982 para pasto sólo y pasto + poró. La producción de pasto seco en kg/0.25 m²/año de cada repetición se multiplicó por un factor de 40000 para así obtener los kg/ha/año.

Durante el período comprendido entre setiembre de 1981 y agosto de 1982, cada vez que se cosechaba y después que las muestras habían sido secadas a 70°C en una estufa con aire forzado, se mezclaban las muestras del mismo tratamiento, se pasaban por un molino Willey con malla N° 40.

2.4 Cosechas de frijol

Para obtener los datos de cosecha de semillas de frijol se procedió a sumar por repetición el promedio de kg de producción de las dos épocas, el que se multiplicó por un factor producto del número promedio de plantas por ha/número promedio de plantas por repetición.

En marzo de 1983 se muestrearon plantas provenientes de las siembras comerciales de frijol ubicadas en "La Montaña", se secaron a 70°C en una estufa con aire forzado, se pasaron por un molino Willey con malla N° 40, las muestras se agruparon en semillas o paja.

2.5 Producción de madera de laurel

El diámetro a la altura del pecho (DAP) y las alturas (h) de todos los árboles de laurel en las combinaciones con café, cacao y pasto se han medido en octubre 1978, febrero 1979, octubre 1979, mayo 1980 (ROMERO y WILDERINK, 1981) febrero 1982 y noviembre 1982. En función de ello se calculó el incremento maderable de los tallos.

En las combinaciones con café y pasto se han realizado raleos, la madera extraída se considera también como parte de la producción maderable. En el caso del café se ha considerado que el raleo de tres árboles por parcela es equivalente a 93 árboles/ha. En el caso del pasto se ha considerado que un primer raleo de 33 árboles por parcela es equivalente a 1018 árboles/ha, un segundo raleo de 1 árbol por parcela es equivalente a 31 árboles/ha.

Los m^3 /ha producto del raleo para cada repetición, se multiplicaron por un factor de 440, para obtener así los kg de peso seco/ha, el peso específico básico utilizado para el laurel ha sido de 0.44 g/cm^3 . Se ha calculado también la biomasa de fustes en pie, tomándose como última fecha de medición noviembre de 1982.

2.6 Análisis químicos

Las muestras de café, cacao, pasto, frijol y laurel recolectadas se analizaron según los siguientes métodos:

Nitrógeno total:

Se utilizó el método microsiljeldahl modificado por MULLER (19).

Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio totales:

Se realizó una digestión nitroperclórica según la metodología de LOPEZ (19). El potasio, calcio y magnesio se leyeron en un aparato de absorción atómica modelo Perkin-ELMER 370A, siguiendo la metodología que para extractos vegetales indican DIAZ-ROMEY y HUNTER (19). El fósforo se determinó colorimétricamente según la metodología descrita por LOPEZ (19).

3. Resultados y Discusión

*3.1 Producciones agrícolas de los sistemas agroforestales café + laurel y café + poró

Los datos de producción frescos y como materia seca de café en pulpa se presentan por año y por parcela en el Cuadro 1. Asimismo, en el Cuadro 1 se presentan los datos correspondientes a la cantidad de nutrimentos extraídos (N, P, K, Ca, Mg) por el promedio de producción del año de observación y por el promedio total de producción durante los 4 años de cosechas. Una representación gráfica de los promedios de producciones totales de peso seco se encuentra en la Figura 1, para cada uno de los sistemas. Los datos de cosecha del frijol se pueden tomar del Cuadro 5.

El promedio de producción en grano seco para las cosechas realizadas en marzo y julio de 1979 fue de 211 kg/ha en el sistema café + laurel y de 676 kg/ha para el sistema café + poró. En el mismo Cuadro se encuentran las cantidades totales de N, P, K, Ca y Mg supuestamente extraídas por tales cosechas, dichos cálculos se basaron en las concentraciones de nutrimentos hallados en nuestras semillas obtenidas en 1982 de un lote comercial del CATIE.

El promedio de densidad del frijol utilizado en el sistema café + poró fue de 62.400 plantas/ha y de 29.500 plantas/ha para el sistema café + laurel, o sea que la densidad promedio utilizada en el café + laurel fue 2.12 veces más pequeña que la utilizada en café + poró. Por otro lado, las producciones de grano seco corresponden a 211 y 676 kg/ha bajo laurel y poró respectivamente. A efectos de comparación, se ve que la producción bajo laurel pudo haber llegado a ser 2.12 veces mayor de lo que fue, asumiendo entonces que se tiene iguales densidades de siembra o sea que el sistema bajo laurel pudo haber llegado a producir 447 kg/ha de grano seco. Por otro lado, si se comparan tales producciones con el promedio nacional que reporta BAZAN (1975) de 366 kg/ha, se nota que la producción bajo poró es bastante superior no sólo a la producción hipotética bajo laurel sino también al promedio nacional.

De los datos del Cuadro 1 se desprende claramente que mientras el sistema café + laurel en función de los 4 años que se llevan de cosecha, presenta una producción promedio anual de 6843 kg/ha de café fresco en pulpa o su equivalente a 2113 kg/ha de café seco con pulpa; el sistema café + poró arroja una

Cuadro 1. Producción del café y remoción de elementos nutritivos en los sistemas agroforestales café con laurel y café con poró.

Tratamiento		Café + Laurel					
Nº de parcela	33	34	35	36	\bar{x}	s	CV
COSECHA FRESCA (kg/ha)							
13 nov. 79 al 7 oct. 1980	2484	3416	5813	6011	4431	1754	40
7 oct. 1980 al 8 set. 1981	3867	4073	3489	3835	3816	242	6
22 set. 1981 al 21 jun. 1982	2238	2561	2719	2039	2389	307	13
22 set. 1982 al 14 feb. 1983	18770	18934	17426	11763	16736	3386	20
1979-1983	27360	29034	29447	23648	27732	2642	10
HUMEDAD (%)	68.78	69.58	68.96	69.17			
COSECHA SECA (kg/ha)	8542	8832	9140	7291	8451	811	10
ELEMENTOS NUTRITIVOS	N	P	K	Ca	Mg		
Contenido	1,5	0.15	1.63	0.62	0.17		
1979-1983	126.8 \pm 12.1	12.7 \pm 1.2	137.8 \pm 13.2	52.4 \pm 5.0	14.3 \pm 1.4		
1982	11.1 \pm 1.4	1.1 \pm 0.14	12.0 \pm 1.5	4.6 \pm 0.6	1.3 \pm 0.2		

Tratamiento		Café + Poró					
Nº de parcela	37	38	39	40	\bar{x}	s	CV
COSECHA FRESCA (Kg/ha)							
13 nov. 79 al 7 oct. 80	4518	4488	5611	5793	5103	696	14
7 oct. 80 al 8 set. 81	11391	11295	9355	15452	11873	2564	22
22 set. 81 al 21 jun. 82	9844	12196	6305	10761	9776	2508	26
22 set. 82 al 14 feb. 83	10249	11114	13061	10929	11338	1207	11
1979-1983	36002	39093	34332	42934	38090	3784	10
HUMEDAD (%)	69.13	69.35	69.32	68.63			
COSECHA SECA (kg/ha)							
1979-1983	11114	11982	10533	13468	11774	1277	11
ELEMENTOS NUTRITIVOS	N	P	K	Ca	Mg		
Contenido (%)	1.65	0.15	1.45	0.56	0.14		
1979-1983 (kg/ha)	194.3 \pm 21.1	17.7 \pm 1.9	170.7 \pm 18.5	65.9 \pm 7.2	16.5 \pm 1.8		
1982-1983 (kg/ha)	49.9 \pm 12.9	4.5 \pm 1.2	43.8 \pm 11.3	16.9 \pm 4.4	4.2 \pm 1.1		

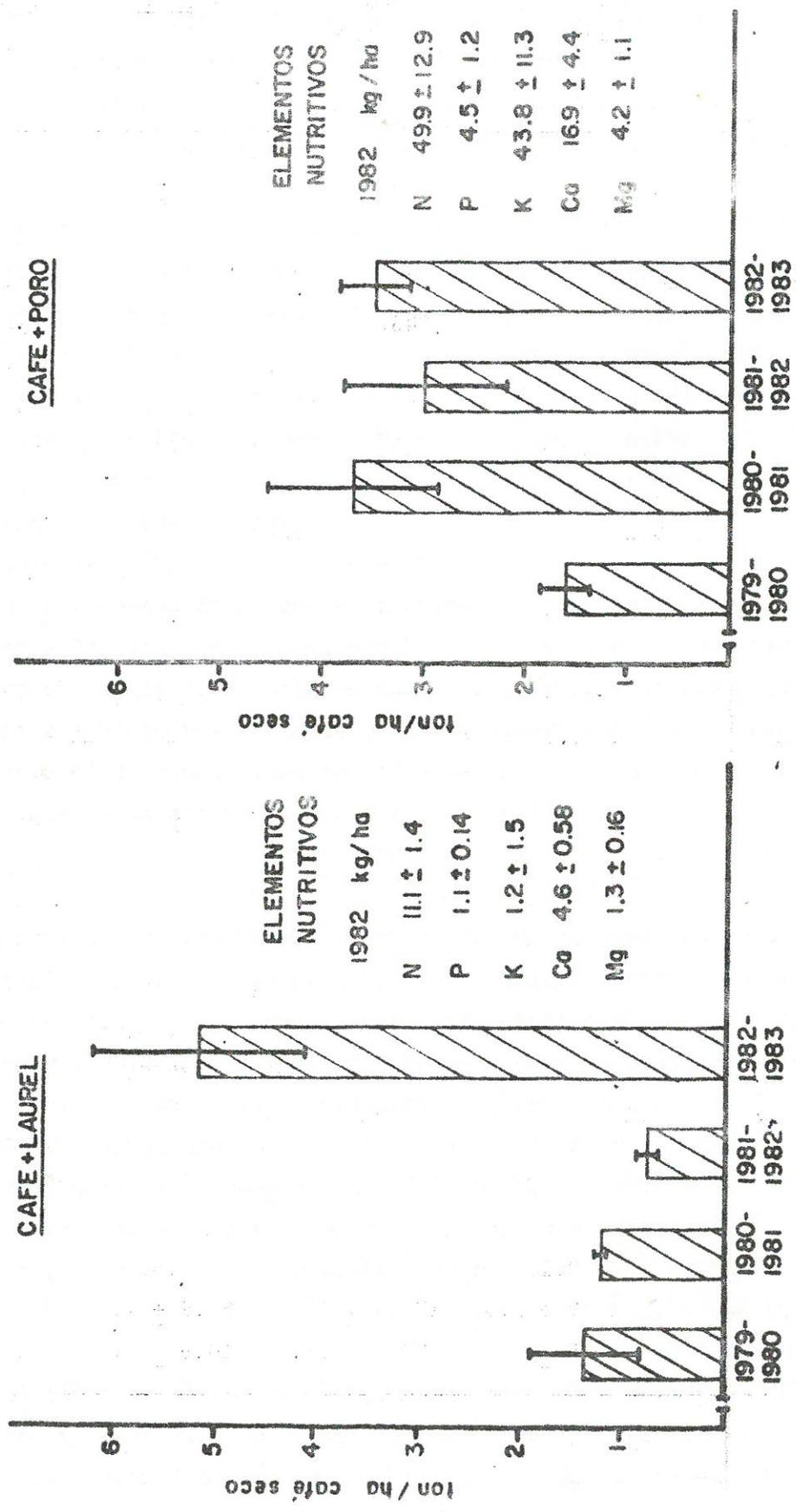


Figura 1. Producción de café seco (kg/ha) de los sistemas café con laurel y café con poró y la remoción de elementos nutritivos en 1982 (kg/ha y año).

* producción promedio anual de 9523 kg/ha de café fresco en pulpa o su equivalente a 2944 kg/ha de café seco con pulpa. Si se toma en cuenta el hecho de que un litro de café fresco de la variedad bajo estudio pesa en promedio 0.58 kg; se tiene entonces que la combinación café + laurel ha producido en promedio por año 30 fanegas/ha, y la combinación café + poró 41 fanegas/ha.

Un hecho que llama la atención tanto en el Cuadro 1 como en la Fig. 1, es que la producción bajo sombra de laurel no sólo es inferior a la bajo poró, sino que incluso disminuye año tras año y no es sino hasta el cuarto año de cosecha en que sufre un incremento inesperado, que incluso supera en mucho a la producción promedio de ese año y de todos los años anteriores bajo poró; o sea 16736 kg/ha de café fresco en pulpa (5168 kg/ha de café seco en pulpa) bajo laurel contra 11338 kg/ha de café fresco (3501 kg/ha de café seco) bajo poró. La explicación muy probable a ambos sucesos, primero decrecimiento en rendimiento y segundo aumento brusco de rendimiento tiene su justificación primeramente en el hecho de que al pasar los años los árboles de laurel al crecer iban aumentando su sombra y segundo el hecho de que en junio de 1981 se procedió a realizar un raleo en las parcelas de laurel, y de una densidad inicial de 278 árboles/ha se pasó a una densidad de 185 árboles/ha y seguramente los efectos sean debidos principalmente a la sombra. Totalmente lo contrario sucede bajo sombra de poró, en donde el manejo de la sombra ha dado entre otras cosas como resultado cosechas más o menos constantes y buenas en rendimiento.

Si bien, los datos de rendimiento del presente experimento no prestan para hacer comparaciones definitivas, debido a que las plantas de café todavía se consideran jóvenes; si se puede mencionar sin embargo que los resultados de rendimiento bajo sombra de poró a partir del segundo año de cosecha 1980-81 y en el caso bajo sombra de laurel a partir de la última cosecha 1982-83, son muy similares a los rendimientos encontrados en un experimento hecho por PEREZ y GUTIERREZ (1978). Ellos publican para una densidad de 5000 plantas/ha una producción promedio anual entre 11690 y 16154 kg/ha de café fresco en pulpa, cabe decir que las parcelas recibieron fertilización y manejo adecuado y se hallaban todas bajo sombra controlada de Ingas y Erythrinas.

De los datos del Cuadro 1 en que se presenta la extracción promedio de elementos nutritivos, se destaca fuertemente la extracción del nitrógeno y potasio 127 y 138 kg respectivamente en las 4 cosechas bajo sombra de laurel y 194 y 170 kg en las 4 cosechas bajo sombra de poró.

Los contenidos de elementos nutritivos de las semillas, se tiene que datos que se presentan en el Cuadro 1 son comparables con los tenores que para NPK presentan JACOB y UEXKULL (1961). El tercer lugar en importancia de elemento extraído lo ocupa el calcio con 52 kg como promedio en café + laurel y 66 kg en cacao + poró, el cuarto lugar lo ocupan indistintamente el Mg y el fósforo con promedios que van desde 12.7 a 17.7 kg. MALAVOLTA (1956) ha indicado que con una cosecha de 2000 kg café fresco/ha se extraen 30 kg N, 3 kg P y 28 Kg K por hectárea.

3.2 Producciones agrícolas de los sistemas agroforestales cacao + laurel y cacao + poró

En los Cuadros 2 y 3 se presentan los rendimientos de semilla y de cáscara de cacao en peso fresco por año y parcela, los rendimientos totales en peso fresco y seco de los 4 años que se llevan de cosecha y la extracción de elementos nutritivos. En las Figs. 2 se presentan en forma gráfica los promedios de producción anual de semilla de cacao seco y cáscara de cacao seco, correspondientes.

El promedio de producción anual de semillas del sistema con sombra de laurel ha producido 889 kg/ha/año de semilla fresca o su equivalente en cacao seco de 380 kg/ha/año, mientras que el sistema con sombra de poró ha producido 1121 kg/ha/año de semilla fresca o su equivalente en cacao seco de 470 kg/ha/año.

Los coeficientes de variación son altos, especialmente en la primera cosecha que presentan, 80% con laurel y 91% con poró.

Comparando el ritmo de cosecha año tras año, se nota que mientras los rendimientos van en constante aumento, los con laurel sufren una disminución en el tercer año de cosecha.

Es muy probable que tanto el aumento constante de rendimiento con sombra de poró, así como su mayor rendimiento en comparación con sombra de laurel, se deba al manejo de la sombra y al reciclaje de elementos nutritivos, principalmente N, y por último a una mejor respuesta de los fertilizantes aplicados. El

Cuadro 2. Producción de semillas de cacao y su remoción de elementos nutritivos en los sistemas agroforestales cacao con laurel y cacao con poró

Tratamiento	Cacao + Laurel						
Nº de parcela	41	42	43	44	\bar{x}	s	CV
1979	465	144	326	31	242	192	80
1980	1055	1083	1106	951	1049	68	7
1981	719	826	865	231	660	293	44
1982	2436	1508	1199	1279	1606	569	35
de los 4 años	4676	3561	3497	2493	3557	892	25
% de Humedad	57.85	56.93	56.06	58.23	-----	-----	---
de los 4 años en materia seca	1971	1534	1536	1041	1521	380	25
	N	P	K	Ca	Mg		
	1.94	0.46	1.08	0.13	0.34		
	29.5 ± 7.4	7.0 ± 1.8	16.4 ± 4.1	2.0 ± 0.5	5.2 ± 1.3		
	13.3 ± 4.6	3.2 ± 1.1	7.4 ± 2.5	0.9 ± 0.3	2.3 ± 0.8		

Tratamiento	Cacao + Poró						
Nº de parcela	45	46	47	48	\bar{x}	s	CV
Fecha de cosecha							
1979	344	10	258	71	171	156	91
1980	1339	894	1531	752	1129	367	33
1981	1286	1828	1217	1184	1379	302	22
1982	1851	2113	1492	1770	1806	256	14
Suma de los 4 años	4820	4846	4498	3776	4485	499	11
% de Humedad	58.58	57.58	57.63	58.64	-----	-----	---
Suma de los 4 años en materia seca	1996	2056	1906	1562	1880	221	12
	N	P	K	Ca	Mg		
	2.14	0.42	1.06	0.13	0.31		
	40.2 ± 4.7	7.9 ± 0.90	19.9 ± 2.3	2.5 ± 0.3	5.8 ± 0.7		
	16.2 ± 2.3	3.2 ± 0.50	8.2 ± 1.2	1.0 ± 0.2	2.4 ± 0.3		

Cuadro 3. Producción de cáscaras de cacao y su remoción de elementos nutritivos en los sistemas agroforestales cacao con laurel y cacao con poró.

Tratamiento		Cacao + Laurel					
Nº de Parcela	41	42	43	44	\bar{x}	s	CV
COSECHA FRESCA (kg/ha)							
1979	1493	378	1221	81	793	671	85
1980	4668	5028	4858	3695	4562	596	13
1981	2294	3720	2456	706	2294	1236	54
1982	8446	6206	4726	4941	6080	1707	28
1979-1982	16900	15331	13261	9423	13729	3234	24
HUMEDAD (%)	84.52	84.77	84.66	84.83	-----	-----	---
COSECHA SECA (kg/ha)							
1979-1982	2616	2335	2034	1430	2104	508	24
ELEMENTOS NUTRITIVOS		N	P	K	Ca	Mg	
Contenido (%)		0.83	0.13	2.48	0.52	0.25	
1979-1982 (kg/ha)		17.5 ± 4.2	2.74 ± 0.66	52.2 ± 12.5	10.9 ± 2.6	5.3 ± 1.26	
1981-1982 (kg/ha)		7.7 ± 2.2	1.2 ± 0.35	23.1 ± 6.7	4.8 ± 1.4	2.3 ± 0.68	

Tratamiento		Cacao + Poró					
Nº de parcela	45	46	47	48	\bar{x}	s	CV
COSECHA FRESCA (kg/ha)							
1979	1133	70	1154	232	647	577	89
1980	5213	3661	5848	3034	4439	1312	30
1981	2236	5388	4106	2905	3659	1388	38
1982	8489	9860	6532	8529	8353	1370	16
1979-1982	17072	18979	17641	14670	17091	1801	11
HUMEDAD (%)	85.33	84.96	85.25	85.08	-----	-----	---
COSECHA SECA (kg/ha)							
1979-1982	2505	2854	2602	2189	2538	275	11
ELEMENTOS NUTRITIVOS		N	P	K	Ca	Mg	
Contenido (%)		1.03	0.13	1.9	0.58	0.22	
1979-1982 (kg/ha)		26.1 ± 2.9	3.3 ± 0.36	48.2 ± 5.3	14.7 ± 1.6	5.6 ± 0.6	
1981-1982 (kg/ha)		12.8 ± 2.2	1.6 ± 0.27	23.6 ± 4.0	7.2 ± 1.2	2.7 ± 0.5	

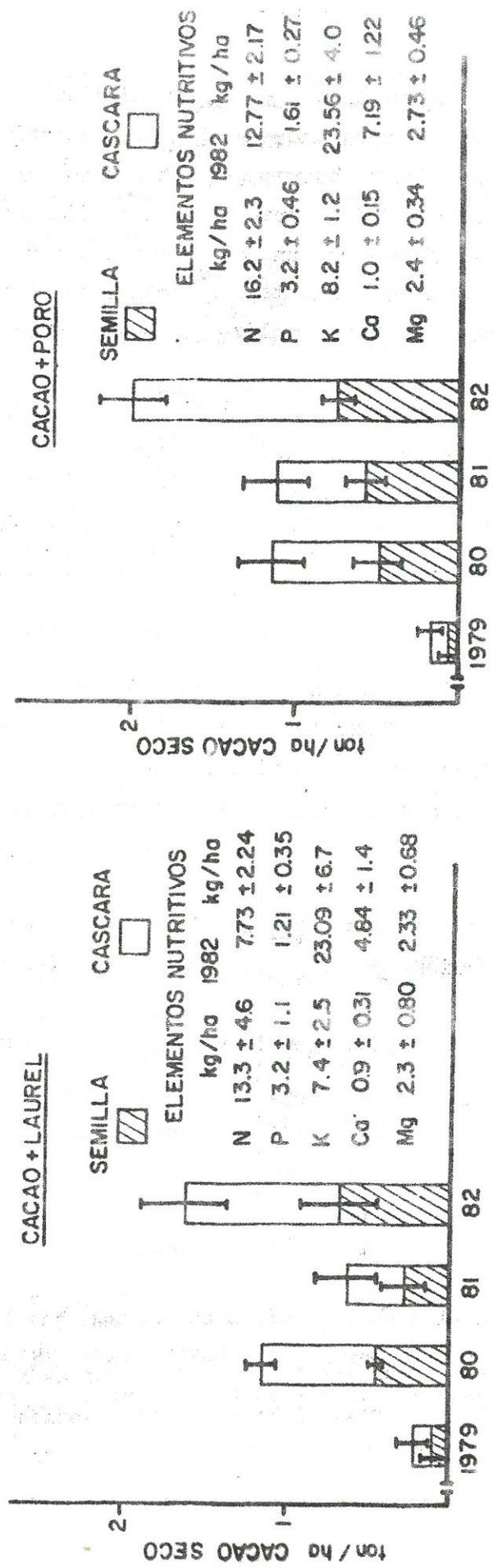


Figura 2. Producción del cacao (cáscara y semillas kg/ha y año) en los sistemas cacao con laurel y cacao con poró y la remoción de elementos nutritivos (kg/ha y año) en 1982.

laurel produce una sombra permanente; al crecer disminuye la intensidad lumínica dentro del cacaotal y la sombra permanente afecta negativamente la floración y por ende la producción. Estas observaciones han sido corroboradas por EVANS y MURRAY (1953), quienes en Trinidad trabajaron con diferentes grados de sombra y dosis de fertilizantes, obteniendo una respuesta positiva a la fertilización nitrogenada y potásica, conforme aumentaba la intensidad lumínica en el cacaotal, vale decir que la respuesta a los fertilizantes bajo sombra fue baja.

Si se comparan los porcentajes de N, P y K para las almendras con los datos publicados por HARDY (1961) se tiene que el contenido de N bajo laurel (1.94%) y poró (2.14) es bajo en comparación con los tenores promedios de HARDY. Para el Fósforo HARDY reporta 0.52%, bajo laurel se tiene 0.46 y bajo poró 0.42%; por último se consideran bajos los porcentajes de potasio 1.08 bajo laurel y 1.06 bajo poró contra 1.58.

Los elementos nutritivos contenidos en las cáscaras, sobresale el hecho ya reportado en la literatura, (GEUS, 1973; HAVORD, 1956; URQUHARD, 1963), la importancia que tiene el potasio en la constitución de las cáscaras de cacao; en este caso el K presenta un valor de 2.48% bajo sombra de laurel y 1.9% bajo sombra de poró.

Sumando la extracción de elementos nutritivos con semillas y cáscaras de cacao se obtienen los siguientes resultados comparativos (kg/ha en 1982).

	Cacao con laurel	Cacao con poró
N	21.0	29.0
P	4.4	4.8
K	30.5	31.8
Ca	5.7	8.2
Mg	4.8	5.1

Así la remoción de elementos químicos con las cosechas es bajo sombra de poró más alta que bajo sombra de laurel. HARDY (1961) ha indicado que con una cosecha de 560 kg de cacao se extraen 14 kg N, 4 kg de P y 6 kg de K por hectárea.

3.3 Producciones agrícolas de los sistemas agroforestales pasto + laurel, pasto + poró y pasto sin árboles

Se observa claramente que el promedio de producción anual con sombra de poró 18.2 ton/ha/año es mayor que el promedio de producción anual con sombra de laurel 11.7 ton/ha/año; y del pasto solo con 16.9 ton/ha/año. Lo anterior parece indicar que la sombra permanente del laurel afecta más drásticamente la producción de pasto que la sombra regulada del poró, se tiene que considerar de sobremanera, el hecho de que el sistema pasto + laurel se mantuvo con una densidad alta de árboles 49 árboles/parcela o sea 1512 árboles/ha hasta diciembre 1980, fecha en que se practicó un raleo, que dejó una densidad de 16 árboles/parcela o sea 494 árboles/ha, densidad que se considera todavía alta. El poró siempre ha estado con 16 árboles/parcela o sea 494 árboles/ha. A su vez, el hecho de que la producción del pasto sólo sea sustancialmente mayor que la producción con sombra de laurel y que no se aleje tanto del promedio de producción del poró, puede radicarse en el hecho de que el pasto, además de que ha recibido siempre mayor intensidad lumínica, también ha recibido siempre una dosis de fertilizante mayor que los otros dos sistemas, a saber 110 kg/ha/año de 10-30-10 para pasto + laurel, pasto + poró y 220 kg/ha/año de 10-30-10 para el pasto.

La extracción de N y K por los pastos; es alta, los datos se consideran sin embargo dentro de los promedios normales reportados en la literatura (VICENTE CHANDLER (1964) si se tiene que el sistema pasto + laurel presenta la siguiente jerarquía (kg/ha en 4 años): N 183; Ca 62; P 36; Mg 19; el sistema pasto + poró: N 330, K 183, Ca 113, P 40, Mg 24; y el pasto solo: N 161, K 173, Ca 90, P 39 y Mg 20.

En los porcentajes promedios de los análisis químicos de los pastos, llama la atención el hecho de que el % de N en el pasto bajo sombra de poró 1.86 es mayor que el porcentaje del pasto bajo sombra de laurel 1.56, y en ambos casos, los porcentajes son mayores que el porcentaje en el pasto sin sombra 0.95. Ello comprueba en parte los resultados obtenidos por DECCARETT y BLYNDSTEIN (1968), quienes en condiciones de Turrialba y trabajando con tres especies de leguminosas arbóreas, una de ellas el poró y con laurel encontraron la misma tendencia. En lo que, a los otros nutrimentos respecta, se tiene que VICENTE-CHANDLER et al. (1962) y (1964), FIGARELLA et al. (1964), ABRUÑA et al. (1964), quienes trabajando bajo condiciones del trópico húmedo en Puerto Rico, reportan las siguientes cantidades

Cuadro 4. Producción del pasto y su remoción de elementos químicos con los sistemas pasto con laurel, pasto con poró y pasto solo.

Tratamiento		Pasto + laurel						
Nº de Parcela		21	22	23	24	\bar{x}	s	CV
COSECHA SECA (kg/ha)								
1979		8688	6920	7600	8760	7992	890	11
1980		14816	18648	19760	20944	18542	2655	14
1981		11760	8160	8496	8544	9240	1689	18
1982		13536	8680	11640	10680	11134	2021	18
1979-1982		48800	42408	47496	48928	46908		
ELEMENTOS NUTRITIVOS		N	P		K	Ca		Mg
Contenido (%)		1.56	0.31		1.32	0.53		0.16
1979-1982 (kg/ha)		732 \pm 48	145.4 \pm 9.5		619.2 \pm 40.5	248.6 \pm 16.5		
1981-1982 (kg/ha)		1741 \pm 32	34.5 \pm 6.3		147.0 \pm 26.7	59.0 \pm 10.7		

Tratamiento		Pasto + poró						
Nº de parcela		25	26	27	28	\bar{x}	s	CV
COSECHA SECA (kg/ha)								
1979		7680	9512	10168	12768	10032	2106	21
1980		27264	32720	29248	22520	27938	4258	15
1981		20538	17504	18796	18324	18790	1281	7
1982		17080	14302	17425	15930	16184	1408	9
1979-1982		72562	74038	75637	69542	72945		
ELEMENTOS NUTRITIVOS		N	P		K	Ca		Mg
Contenido (%)		1.81	0.22		1.0	0.62		0.13
1979-1982 (kg/ha)		1320 \pm 46.9	160.5 \pm 5.7		729.5 \pm 25.9	452.3 \pm 16.1		94.8 \pm 4
1982 (kg/ha)		292.9 \pm 25.5	35.6 \pm 3.1		161.8 \pm 14.5	100.3 \pm 8.7		21.0 \pm 1.8

Continúa

Cuadro 4. (Continuación)

Tratamiento		Pasto sin árboles					
Nº de parcela	29	30	31	32	\bar{x}	s	Cv
COSECHA SECA (kg/ha)							
1979	9392	9280	9880	8248	9200	686	7
1980	29568	23416	32936	29000	28730	3946	14
1981	14132	12633	18236	10572	13893	3242	23
1982	17600	14080	17481	14426	15897	1904	12
1979-1982	70692	59409	78533	62246	67720		
ELEMENTOS NUTRITIVOS							
	N	P	K	Ca	Mg		
Contenido (%)	0.95	0.23	1.02	0.53	0.12		
1979-1982 (kg/ha)	643.3 \pm 82.2	155.8 \pm 19.9	690.7 \pm 88.3	358.8 \pm 45.9	81.3 \pm 10.4		
1982 (kg/ha)	151.0 \pm 18.1	36.7 \pm 4.4	162.2 \pm 19.4	84.3 \pm 10.1	19.1 \pm 2.3		

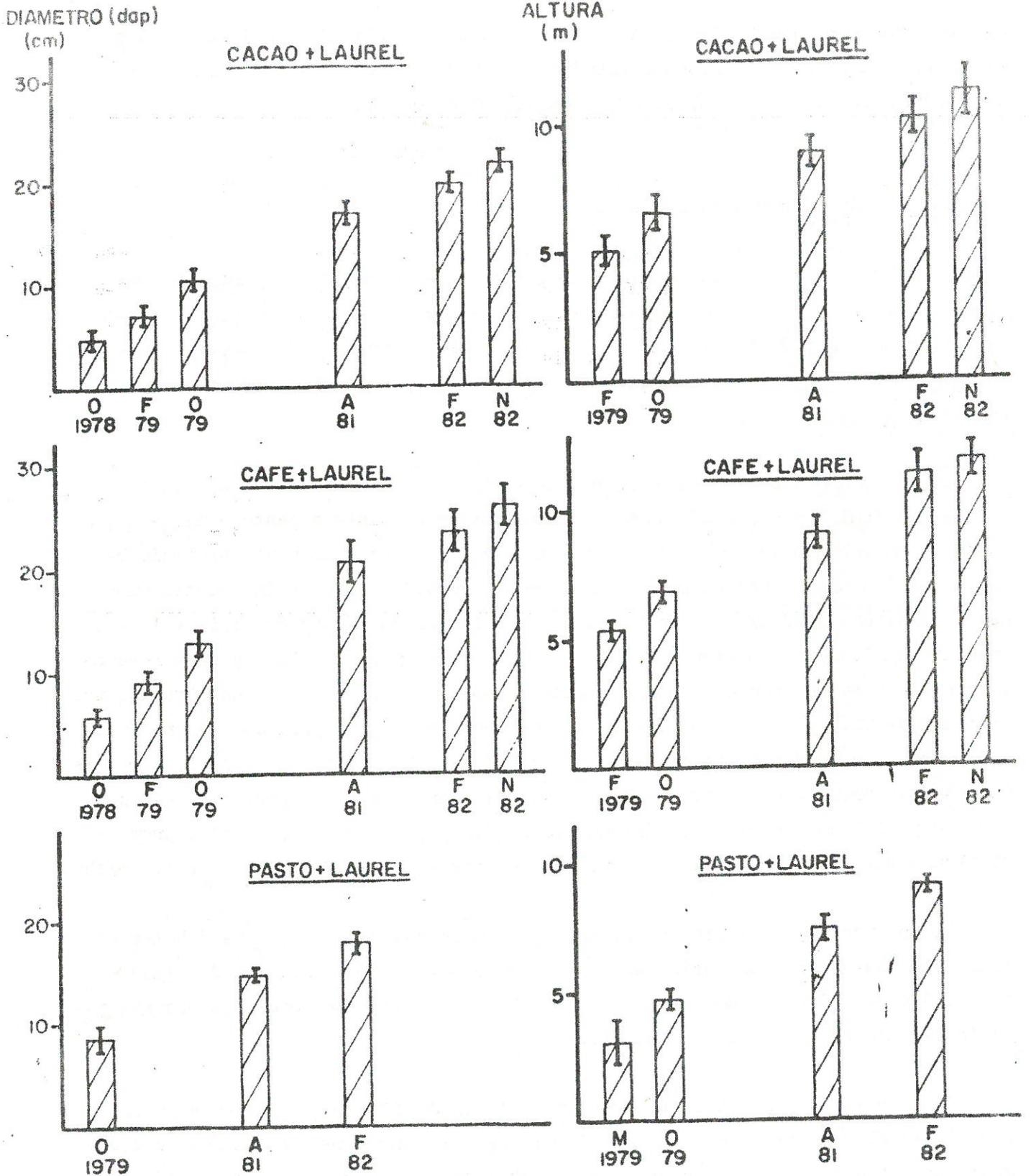


Figura 3. Crecimiento del laurel (diámetro y altura) asociado con café, cacao y pa

de elementos: K 0.96-1.6%, P 0.14 - 0.17%, Ca 0.4 - 0.6%, Mg 0.25%, comparando estos datos con los del presente estudio, se puede decir que los niveles de P, K y Ca hallados son aceptables, mientras que el Mg es menor.

3.4 Producción maderable del laurel

En el Cuadro 6 se presentan los promedios de las cantidades de biomasa seca de tallos obtenidos por concepto de raleo, a saber 4447 kg/ha para el sistema café + laurel y 9975 kg/ha para el sistema pasto + poró, ahí mismo, se ofrecen los datos de estimación de nutrimentos (N, P, K, Ca y Mg) extraídos por tales raleos.

En el Cuadro 8 se presenta la continuación de los datos de laurel, ya iniciados por REMIJN y WILDERINK (1981). El laurel en el sistema pasto + laurel presenta en febrero 1982 un d.a.p. promedio de 18 cm, un incremento promedio de d.a.p. de 3.6 m/año, una altura total promedio de 9.3 m, con un incremento promedio de altura de 2 m/año. Por su parte, el laurel en el sistema café + laurel presenta en febrero y noviembre de 1982 un d.a.p. promedio de 23.5 y 25 m respectivamente, para un promedio de incremento de dap de 3.4 m/año; una altura total promedio de 11.4 y 11.9 m en febrero y noviembre 1982, y un promedio de incremento de altura de 0.7 m/año. En el sistema cacao + laurel, el laurel presenta para las fechas en febrero 1982 y noviembre 1982 los siguientes datos: promedio de d.a.p. de 19.8 y 21.9 cm, promedio de incremento de d.a.p. de 3.2 y 2.6 cm/año, promedio de altura total de 10.2 y 11.2 m, promedio de incremento de altura 1.6 y 1.3 m/año.

La producción de madera en pie se puede tomar del Cuadro 7. Los árboles de laurel presentan una secuencia en producción asociado con pasto ($71.2 \text{ m}^3/\text{ha}$) > con café ($54.1 \text{ m}^3/\text{ha}$) > con cacao ($53.9 \text{ m}^3/\text{ha}$). La misma secuencia se observa para la extracción de elementos nutritivos.

El laurel con pasto siempre presenta valores de diámetros y alturas inferiores al laurel con café o con cacao, sin embargo los incrementos anuales en 1982 son más altos que los de los otros sistemas agroforestales. La explicación probable, a ambas observaciones, puede estar por un lado en el raleo realizado en diciembre de 1980 al sistema con pasto, en donde se pasó de una densidad inicial de 49 árb./parc. (1512 árboles/ha) a otra de 16 árb./parc. (494 árboles/ha), y por

Cuadro 5. Producción del frijol y su remoción de elementos nutritivos

	Café + laurel			Café + poró		
	\bar{x}	s	CV	\bar{x}	s	CV
COSECHA SECA Kg/ha	210.7	27.28	13	676.2	45.77	7
ELEMENTOS NUTRITIVOS (kg/ha)						
N	6.43	0.83	13	20.42	1.46	7
P	0.13	0.02	13	0.41	0.03	7
K	1.16	0.15	13	3.72	0.25	7
Ca	0.17	0.02	13	0.54	0.04	7
Mg	0.36	0.05	13	1.15	0.08	7

Cuadro 6. Producción de madera de laurel de raleo

Tratamiento	Café + laurel	Pasto + laurel
Fecha de raleo	julio 1981	dic. 1980 y jul. 1982
Biomasa fresca (m ³ /ha)	10.1	22.7
Biomasa seca (kg/ha)	4447	9975
Desviación standard (s)	1012	2093
C.V. (%)	23	21
Elementos nutritivos (kg/ha)		
N	17.8 ± 4	39.9 ± 8.4
P	2.2 ± 0.5	5 ± 1.1
K	20.1 ± 4.7	45.9 ± 9.6
Ca	24 ± 5.5	53.9 ± 11.3
Mg	7.6 ± 1.7	17 ± 3.6

Cuadro 7. Producción de madera de tallos de laurel su remoción de elementos nutritivos.

TRATAMIENTO	CON CAFE	CON CACAO	CON PASTO
Biomasa seca (m ³ /ha)	54.09 ± 12.66	53.89 ± 10.76	71.16 ± 4.8
Biomasa seca (kg/ha)	23802 ± 5570	23710 ± 4736	31312 ± 2112
Elementos nutritivos (kg/ha)			
N	95.2 ± 22.3	94.8 ± 18.9	125.2 ± 8.4
P	11.9 ± 2.8	11.9 ± 2.4	15.7 ± 1.1
K	109,5 ± 25.6	109.7 ± 21.8	144.0 ± 9.7
Ca	128.5 ± 30.1	128.0 ± 25.6	169.1 ± 11.4
Mg	40.5 ± 9.5	40.3 ± 8.0	53.2 ± 3.6

Cuadro 8. Valores promedios e incrementos de diámetro y altura de árboles de laurel asociados con café, cacao y pasto, a la edad de 4.5 años.

N° de parcela	Fecha de medición	Diámetro promedio (cm)	$\frac{\Delta d}{\Delta t}$ ** (cm/año)	Altura promedio (m)	$\frac{\Delta h}{\Delta t}$ (m/año)
Con café					
	20-10-78	6,0 ± 0.7			
	28-2-79	9,2 ± 0.9		5,4 ± 0.4	
	17-10-79	13,1 ± 1.2	7,1		2,5
	2-4-81	20,7 ± 1.8	5,0	9,1 ± 0.6	1,5
	16-2-82	23.5 ± 2.3	-	11,4 ± 0.9	
	8-11-82	25.9 ± 2.3	3.4 (3)	11,9 ± 0.7	
Con cacao					
	20-10-78	5,0 ± 0.8			
	28-02-79	7,2 ± 1		5,1 ± 0.6	
	17-10-79	10,7 ± 1.1	5,7	6,6 ± 0.7	2,6
	2-04-81	17,1 ± 1.2	4,3	8,9 ± 0.6	1,6
	16-02-82	59.8 ± 1.2	3,2	10,2 ± 0.7	1,6
	8-11-82	21,8 ± 1.3	2,6	11,2 ± 1	1,3
Con ástp					
	02--3-79			3,1 ± 0.9	
	17-10-79	8,8 ± 1.2		4,8 ± 0.4	2,9
	02-04-81	15,1 ± 0.6	4,2	7,6 ± 0.5	1,9
	17-02-82	18,0 ± 0.9	3,6	9.3 ± 0.3	2,0

otro lado, en las densidades actuales con que cuentan los otros sistemas 185 árboles/ha en café + laurel y 278 árboles/ha en cacao + laurel.

En todo caso, los incrementos en diámetro y altura para los diferentes sistemas se consideran muy buenos y siempre son mayores que los reportados por la literatura hasta el momento en Costa Rica (JOHNSON y MORALES, 1972, BEER, 1981; ROSERO y GEWALD, 1979, ROMIJN y WILDERENK (1981). La razón de lo anterior, puede deberse, entre otras cosas al buen manejo cultural de los árboles, así como, al posible aprovechamiento de fertilizantes aplicados a los cultivos, al buen sistema de drenaje con que cuentan los tratamientos experimentales y en el caso especial del pasto + laurel, al hecho de que hasta el momento no se ha contado con el efecto detrimental provocado por el pisoteo del ganado; pues no se han utilizado animales de pastoreo sobre tales parcelas.

4. RESUMEN

En base a los datos de campo existentes para el experimento central de plantas perennes de "La Montaña", se escogieron 6 tratamientos de tipo agroforestal, a los que se les cuantificó los rendimientos a partir de 1979 hasta 1982. A su vez, durante un año de observación 1981-1982 se tomaron muestras según los ritmos de las cosechas, a las que se les determinó los porcentajes de N, P, K, Ca y Mg. Con los datos de producción y con los datos de los análisis químicos se procedió a calcular las cantidades de nutrimentos exportados, durante el año de observación y en el total producido durante los 4 años. La exportación que se hace de N y K, ocupan siempre los primeros lugares; las fórmulas hasta ahora aplicadas no compensan la exportación fuerte del potasio.

Los resultados se pueden resumir de la siguiente manera (cosecha seca en 4 años, kg/ha).

	Laurel	Poró
Café con pulpa	8451	11774
cacao semillas	3557	4485
Cáscara	13729	17091
Pasto	46908	67720

Así las asociaciones con poró producen siempre más que las con laurel.

Las tasas anuales de incremento de alturas, diámetros y volúmenes se discuten en función de las densidades y raleos efectuados.

El crecimiento del laurel alcanzó a los 4, 5 años en promedio los siguientes valores.

	d a p (cm)	h m	m ³ /ha
con café	25.9	11.9	54.1
con cacao	21.8	11.2	53.9
con pasto	18.9	9.3	71.2

5. LITERATURA

1. ABRUÑA, F., et al. Effects of living on yields and composition of heavily fertilized grasses and on soil conditions under humid tropical conditions, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:657-661. 1964.
2. ALPIZAR, L., FASSBENDER, H.W. y HEUVELDOP, J. Estudio de sistemas agroforestales en el Experimento Central del CATIE. I. Determinación de la biomasa y acumulación de reservas nutritivas (N, P, K, Ca, Mg). CATIE, Turrialba, mimeo. 1983.
3. BAZAN, R. Nitrogen fertilization and Management of grain legumes in Central America. In: Soil Management in tropical America. North Carolina State University Raleigh, N.C. 27607, U.S.A.
4. BEER, J. Cordia alliodora with Theobroma cacao: A traditional agroforestry combination in the humid tropics. CATIE, Turrialba, 1981. mimeo.
5. DECCARETT, M. y BLYDENSTEIN, J. La influencia de árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos. Turrialba (Costa Rica) 18 (4): 405-408. 1968.
6. DIAZ-ROMEY, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación de invernadero. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1978. 62 p.
7. EVANS, H. and MURRAY, D.B. A shade and fertilizer experiment on young cacao. Rep. Cacao Res., Trinidad, 1945-51, p. 67-76 (1953).
8. FIGARELLA, J. et al. Effect of phosphorus fertilization on productivity of intensively managed grasses under humid tropical conditions in Puerto Rico, J. Agr. Univ. P.R. 48: 236-242. 1964.
9. GEUS, J. G. De. Fertilizer guide for the tropics and subtropics. Centre d'Etude de L'azote, Zürich, 1973. 727 p.
10. HARDY, F. Manual del cacao. IICA. Turrialba, 1961, 439 p.
11. HARVORD, G. The nutrition and shade requirements of cocoa. Turrialba 9 (4) 138-148, 1956.
12. JACOB, A. y v. Vexkiil, H. Fertilización. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Traducido por López Martínez de Alva, L. 1er. Edición, Amsterdam, Internationale Handelmaatschappy voor Meststoffen N.V. 1961. 626 p.

13. JOHNSON, P. y MORALES, R. A review of Cordia alliodora. Turrialba 22, 210-220, 1972.
14. LOPEZ, C.A. Manual de laboratorio de fertilidad de suelos. Universidad de Costa Rica. 1976. 44 p.
15. MULLER, L. Un aparato microkjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. Turrialba (Costa Rica) 11(1): 17-25. 1965.
16. PEREZ GONZALEZ, J. y GUTIERREZ ZAMORA, G. Respuesta de algunas cultivares de Coffe arabica a diferentes densidades de siembra. Agron. Costarr. (Costa Rica) 2 (1): 61-68, 1978.
17. ROMIJN, M. y WILDERINK, E. Evaluación preliminar de los sistemas agroforestales del ensayo central "La Montaña". CATIE, Programa de Recursos Naturales Renovables, Programa de Plantas Perennes. Turrialba, C.R. 1981. 43 p.
18. ROSERO, P. y GEWALD, N. Crecimiento del laurel (Cordia alliodora) en cafetales, cacaoales y potreros en la zona Atlántica de Costa Rica. Actas Taller sistemas agroforestales en América Latina, Turrialba, marzo, 1979.
19. URQUHARDT, D.H. Cacap. IICA, Turrialba, Costa Rica, 1963. 322 p.
20. VICENTE-CHANDLER, J., CARO-COSTAS, R., PEARSON, R.W., ABRUNA F., FIGARELLA, J. and SILVA, S. The intensive management of tropical forages in Puerto Rico, Univ. of P.R., Agr. Exp. Sta. Bul. 187, p. 152. 1964.
21. VICENTE-CHANDLER, J., SILVA, S. and FIGARELLA, J. Effect of frequency of application on response of Guinea grass to nitrogen fertilization. J. Agr. Univ. P.R. 46: 342-349. 1962.