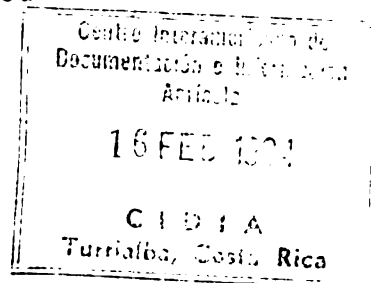


CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA, CATIE

Departamento de Recursos Naturales Renovables

Turrialba, Costa Rica

1983



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

**I. DETERMINACION DE BIOMASA Y ACUMULACION
DE RESERVAS NUTRITIVAS (N, P, K, Ca, Mg)**

✓
L. Alpizar*
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.

EXPERIMENTO CENTRAL DEL CATIE, TURRIALBA

Centro Interamericano de
Documentación e Información
Agrícola

16 FEB 1981

C I D I A
Turrialba, Costa Rica

I. DETERMINACION DE BIONASA Y ACUMULACION DE RESERVAS NUTRITIVAS (N, P, K, Ca, Mg)

1. Introducción

1.1. Organización del trabajo

El presente ensayo más conocido como "Ensayo Central de Cultivos Perennes de la Montaña", está ubicado en los terrenos del CATIE en Turrialba, fue iniciado en agosto de 1977 y se planificó para tener una duración de 8 años Enríquez, 1979. El experimento está a cargo del Departamento de Producción Vegetal y cuenta entre otros, con la cooperación del Departamento de Recursos Naturales del CATIE (COMBE y GEWALD, 1979). En función de los trabajos de investigación realizados por el Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ se iniciaron en 1981 una serie de estudios dentro del mismo experimento.

El plano general de ubicación, así como una descripción general de los tratamientos se presentan en la Fig. N° 1 y en el Cuadro N° 1.

Los objetivos generales del experimento son (ENRIQUEZ, 1979):

1. Comparar, por varios métodos, los sistemas agrícolas de plantas perennes más comunes en la zona, incluyendo cultivos de ciclo corto y medio.
2. Estudiar en forma detallada el medio ambiente (ecosistema) de cada uno de los sistemas agrícolas comparados en su evolución y transformación durante el tiempo que dure el experimento.

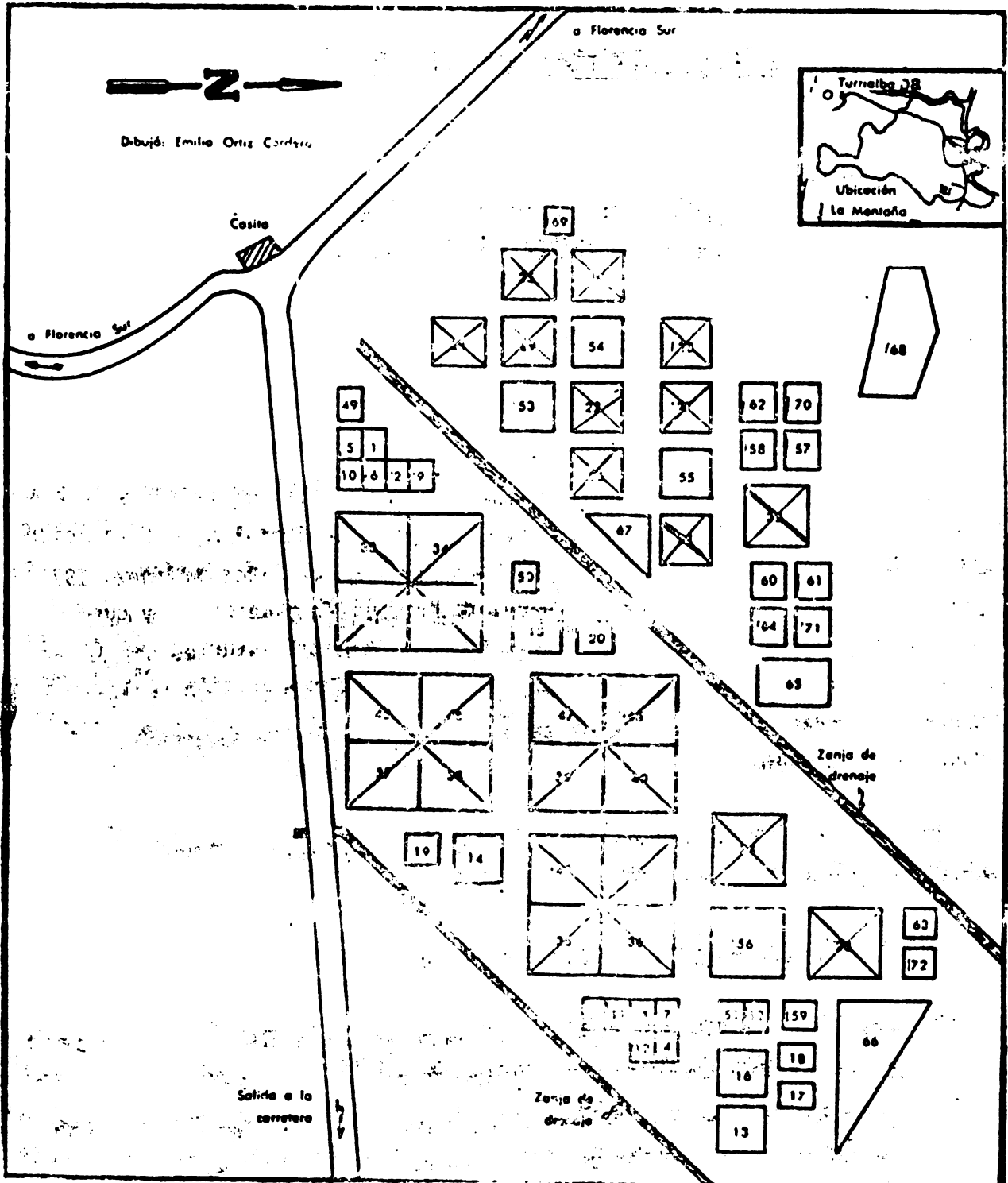



Fig. 1. Plano general (sin escala) del experimento central de Plantas Perennes. 1977. La Montaña, CATIE, Turrialba (Tomado de ENRIQUEZ (10)).  Tratamientos y parcelas

1. Frijol (*Phaseolus vulgaris*), cultivar 'Turrialba - 4'
2. Caupí (*Vigna unguiculata*), cultivar 'V-5-Moh'.
3. Gandul (*Cajanus cajan*), variedad local
4. Maíz (*Zea mays*), cultivar 'Tuxpeño' planta baja
5. Camote (*Ipomoea batatas*), cultivar 'C-15'.
6. Yuca (*Manihot esculenta*), cultivar 'Valencia'.
7. Plátano (*Musa sp.*), cultivar 'Pelipita'
8. Cacao T (*Theobroma cacao*), híbridos 'Catongo x Pound-12'
9. Café (*Coffea arabica*) cultivar 'Híbrido de Timor'
10. Laurel (*Cordia alliodora*), variedad local
11. Poró gigante (*Erythrina poeppigiana*), variedad local
12. Pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*)
13. Caña de azúcar (*Sacharum officinalis*), cultivar 'Pindar'

Cuadro N° 1: Ensayo Central de Cultivos Perennes: descripción de tratamientos

PARCELAS	PRIMERA EPOCA (MAYO)	POSTRERA (NOV.)
1, 2, 3 y 4	Maíz	Maíz + frijol
5, 6, 7, y 8	Maíz	Frijol + camote
9, 10, 11 y 12	Maíz + camote	Frijol + camote
13, 14, 15 y 16	Plátano + (yuca-maíz)	
17, 18, 19 y 20	Caña	Caña + maíz
21, 22, 23 y 24	Pasto + (Laurel) *	
25, 26, 27 y 28	Pasto + (Poró)*	
29, 30, 31 y 32	Pasto*	
33, 34, 35 y 36	Café + (Laurel +Plátano-frijol)*	
37, 38, 39 y 40	Café + (Poró-frijol)	
41, 42, 43 y 44	Cacao + (Laurel-plátano-gandul-maíz)*	
45, 46, 47 y 48	Cacao + (Poró-plátano-gandul-maíz)*	
49, 50, 51 y 52	Yuca	Yuca + maíz
53, 54, 55 y 56	Laurel (Maíz-frijol)	
57, 58, 59 y 60	Maíz	Maíz (dos laboreos para cada cultivo)
61, 62, 63 y 64	Maíz	Maíz (herbicidas, las veces necesarias, no laboreo)
65, 66, 67 y 68	Vegetación natural	Libre crecimiento
69, 70, 71 y 72	Maíz	Maíz (Mulch, no laboreo)

De los 18 tratamientos originales considerados en el experimento se escogieron para realizar los estudios de los sistemas agroforestales solo 7, los que quedan han sido marcados en la Figura 1 (x) y en el Cuadro 1 (*): ellos son:

1. Pasto con laurel (parcelas 21, 22, 23, 24)
2. Pasto con laurel (parcelas 25, 26, 27, 28)
3. Pasto (parcelas 29, 30, 31, 32)
4. Café con laurel (parcelas 33, 30, 35, 36)
5. Café con poró (parcelas 37, 38, 39, 40)
6. Cacao con laurel (parcelas 41, 42, 43, 44)
7. Cacao con poró (parcelas 45, 46, 47, 48)

1.2. Determinación de biomasa y acumulación de elementos nutritivos

La determinación de la biomasa y la acumulación de materia orgánica y elementos químicos es parte básica del estudio de ecosistemas naturales (FASSBENDER y GRIMM, 1981) o también de sistemas de producción agroforestales (DE LAS SALAS y FASSBENDER, 1981). Al tratar de describir un ecosistema o un sistema de producción se puede aplicar el enfoque de análisis de sistemas. Así un ecosistema - constituido por los organismos vivientes y el medio con el cual cambian energía y materia - debe limitarse en el espacio y separarse en sus componentes para estudiar las interacciones entre ellos y también las ganancias y pérdidas en función del tiempo. La energía que entra y sale de un sistema aporta la energía necesaria para el ciclaje de elementos químicos dentro del mismo. Los elementos nutritivos como Carbono, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, etc... pueden ser absorbidos por las plantas, consumidos por los animales, descompuestos por los microorganismos en la capa del mantillo, retornando al suelo para luego ser reabsorbidos por las plantas. Estos ciclos de elementos químicos en la comunidad biótica son conocidos como ciclos biogeoquímicos. El suelo aporta en base a su profundidad el sosten para las plantas y participa directamente en los ciclos de agua y elementos nutritivos. El análisis de los ciclos implica una descripción estática - determinación de biomasa - y dinámica interna - determinación de flujos entre compartimentos del sistema - transferencia con el agua y los residuos vegetales - y dinámica externa - ganancias y pérdidas del sistema. -La determinación de biomasa permite describir las reservas orgánicas y minerales que se encuentran localizadas en la zomasa y fitomasa

del sistema distribuidas en los compartimentos como tallos, ramas, hojas y raíces de acuerdo a su estructura y ecofisiología.

Este tipo de análisis ha sido hasta ahora escasamente utilizado para describir sistemas agroforestales. FOURNIER (1980) presentó las bases para la descripción del sistema café-poró como un ecosistema. En trabajos recientes de ARANGUREN et al (1982 a, 1982 b) se hace una descripción completa del ciclo del nitrógeno para cultivos de café y cacao bajo árboles de sombra. GOLDBERG et al (1982) han hecho estudios de la biomasa del café bajo diferentes sombras en Veracruz, México.

En este trabajo se presenta una evaluación preliminar - colección de resultados - de la determinación de biomasa en los sistemas agroforestales del experimento Central del CATIE.

2. El experimento Central del CATIE

2.1 Diseño experimental

Los detalles de la planificación y del diseño experimental han sido publicados anteriormente por ENRIQUEZ (1979). En la Fig. 1 y Cuadro 1 se representan nuevamente la distribución de las parcelas correspondientes. El diseño se considera como parcelas al azar parcialmente bloqueados con cuatro repeticiones por tratamiento. Todas las parcelas miden 18 x 18 m y se han ubicado en el sentido norte-sur para evitar diferencias entre la influencia de la luz durante el año.

2.2. Clima y suelos

Los datos climáticos de la estación del CATIE (1982), localizada a 602 m y aproximadamente 1,5 km del campo experimental están sumariados en el Cuadro 2. Los valores climáticos más importantes son:

- Temperatura promedio anual: 22,3 °C, son máxima promedio de 27,0 °C y una mínima promedio anual de 17,7°C.
- Precipitación promedio anual: 2647 mm en 246 días de lluvia
- Humedad relativa 87,6 %
- Brillo solar 4.54 horas/día

Dentro del estudio se hicieron observaciones climáticas adicionales las cuales serán descritas posteriormente.

El suelo del campo experimental pertenece a la serie "Instituto, fase normal" (AGUIRRE, 1971) con una topografía plana (pendiente 0-3%) con drenaje pobre a imperfecto y de origen fluvio-lacustre.

De acuerdo a análisis en su proceso de evaluación la estructura de los suelos es franco-arcillosa. El pH es ácido (3,6 a 4,0). El contenido de materia orgánica es alto (4 a 5%), igualmente el de nitrógeno (0,2 a 0,3%) y fósforo total (500 a 900 ppm). Las bases cambiabiles (K, Ca, Mg) son más bien bajas en comparación con la acidez cambiabie (H, Al). Los detalles sobre los análisis químicos y físicos, de las parcelas y los tratamientos en estudio se publicarán posteriormente.

Cuadro 2. Resumen de los datos climáticos del CATIE (promedios mensuales) (CATIE, 1982)

	Temperatura °C	Precipitación (mm)	Días de lluvia d	Brillo solar (hrs.)	Humedad relativa %
Enero	21.0	170.9	18.5	4.71	86.9
Febrero	21.1	140.7	15.3	5.12	84.8
Marzo	21.9	70.5	13.6	5.11	84.8
Abril	22.5	135.2	15.3	4.87	85.0
Mayo	23.0	219.4	23.1	4.83	86.9
Junio	23.2	286.8	22.0	4.10	68.8
Julio	22.8	275.2	25.3	3.77	89.8
Agosto	22.9	239.9	24.2	4.35	88.8
Setiembre	23.0	252.8	22.7	4.53	88.1
Octubre	22.9	241.0	22.0	4.75	88.7
Noviembre	22.2	286.7	22.2	4.17	89.6
Diciembre	21.4	328.4	21.5	4.20	88.8
TOTAL	----	2647.5	245.7	----	----
PROMEDIO	22.3	----	20.5	4.54	87.6

2.3. Conducción del experimento

2.3.1 Sistema Café con Laurel

La fecha de siembra de los cultivos fue agosto de 1977. La variedad de café utilizada es el Híbrido de Timor, el número total de plantas por parcela es de 162, o sea una densidad de 5.000 plantas/ha, sembradas a 1 x 2 m. La variedad de laurel es *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken, el número total de árboles efectivos por parcela fue de 9 o sea 278 árboles/ha, para una distancia de siembra de 6 x 6 m. En este tratamiento se utilizó plátano (*Musa* sp. c.v. Pelipita); a razón de 9 plantas por parcela neta, para darle sombra al café en su fase inicial de crecimiento, posteriormente se han ido eliminando estas plantas una vez que han producido. También, se utilizó frijol común (*Phaseolus vulgaris* c.v. Turrialba-4), se hicieron dos siembras, una en noviembre de 1978 y otra en marzo de 1979, las densidades promedios para cada época fueron de 747 y 1167 plantas/parcela, respectivamente.

Tanto los árboles de laurel como el café recibieron a la siembra una fertilización de 0.1 kg/planta de la fórmula 10-30-10 equivalente a 50 kg N/ha, 15 kg P₂O₅ y 50 kg K₂O/ha para café y para el laurel 2.8 kg de N/ha, 8.4 kg de P₂O₅/ha y 2.8 de K₂O/ha. Posteriormente a partir de 1978 el café ha recibido 4 fertilizaciones al año a razón de 40 g/planta de la fórmula 10-30-10, lo que equivale a una aplicación anual de 800 kg/ha de la fórmula, o sea 80 kg N/ha, 240 kg P₂O₅ y 80 kg K₂O/ha.

2.3.2 Sistema Café con Poró

La fecha de siembra de los cultivos fue agosto de 1977. Al igual que en Café + laurel, se usó la misma variedad de café, con la misma densidad y distancia de siembra y el mismo tipo de fertilización. El poró utilizado es el *Erythrina poeppigiana*, a razón de 18 árboles efectivos/parcela o sea 555 árboles/ha, para una distancia de siembra 3 x 6. Según los datos de campo los árboles de poró se han podado dos veces al año desde 1981, la biomasa de las podas queda en la parcela como mulch. También se utilizó frijol común (*Phaseolus vulgaris* c.v. Turrialba-4) se hicieron dos siembras, una en noviembre de 1978 y otra en marzo de 1979, las densidades promedios para cada época fueron de 1532 y 2510 plantas/parcela, respectivamente.

2.3.3. Sistema Cacao con laurel

La fecha de siembra de los cultivos fue en agosto de 1977. Se plantaron 3 híbridos de cacao que son: 1-Catongo x Pound 12, 2-EET-400 x SCA-12, 3-UF-29 x INC-67; de los cuales el híbrido Catongo x Pound 12 constituye siempre la parcela efectiva con 16 plantas y los otros forman los bordes de la parcela, el número total de plantas por parcela es de 36, o sea una densidad de 1111 plantas/ha, para una distancia de siembra de 3 x 3 m. Aquí también se utilizó (*Musa* sp. c.v. Pelipita), a razón de 9 plantas por parcela o sea 278 plantas/ha, la razón principal por la que se sembró es porque ayuda a la propagación de insectos que polinizan el cacao. La especie de laurel es *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken, el número total de árboles efectivos por parcela es de 9 o sea 278 plantas/ha, para una distancia de siembra de 6 x 6 m.

Tanto los árboles de laurel como los de cacao recibieron a la siembra una fertilización de 0.1 kg/planta de la fórmula 10-30-10 equivalente a 28 + 11 kg N/ha, 8 + 33 Kg P₂O₅/ha y 3 + 11 kg K₂O/ha. Posteriormente, a partir de 1978 el cacao ha recibido 4 fertilizaciones al año a razón de 0.15 kg/planta de la fórmula 18-10-6-5, lo que es equivalente a una aplicación anual de 667 kg/ha de la fórmula. Así la fertilización anual del cacao alcanza 120 kg N/ha, 67 kg P₂O₅/ha, 40 kg K₂O/ha y 33 kg MgO/ha.

2.3.4. Sistema Cacao con Poró

La fecha de siembra de los cultivos fue en agosto 1977. Se usaron los mismos híbridos de cacao que en el sistema Cacao + Laurel, así como la misma densidad distancia de siembra, el mismo tipo de fertilización. La clase de poró utilizada es *Erythrina poeppigiana*, a razón de 9 árboles efectivos por parcela o sea 278 árboles/ha, para una distancia de siembra de 6 x 6m. Los árboles de poró se podaron por vez primera en agosto de 1981 y luego dos veces en 1982, la biomasa de las podas permanece en la parcela como mulch.

2.3.5 Sistema Pasto con Laurel

La siembra de los cultivos se realizó durante setiembre de 1977. El tipo de pasto utilizado es el estrella (*Cynodon plectosctochyus* o *Cynodon nlemfuensis*); el árbol más usado es el laurel (*Cordia alliodora* (Swiz & Pavon) Oken. La densidad inicial del laurel fue de 49 árboles por parcela neta o sea 1512 árboles/ha, para una distancia de siembra de 3 x 3 m.

El pasto se fertiliza n anualmente 4 veces, con la fórmula 10-30-10 aplicada de la siguiente manera: 3 dosis de 1 kg de la fórmula/parcela/ y una última dosis de 0.565 kg/parcela. Lo que equivalea una aplicación anual de 110 kg/ha de la fórmula y a 11 kg N/ha, 33 kg P₂O₅ y 11 kg K₂O/ha.

Antes de la plantación de los árboles de laurel se fertilizó al fondo del hoyo con 0,1 kg/árbol de la fórmula 10-30-10, equivalente a 15, 2 kg N/ha, 45,4 kg P₂O₅/ha y 15,2 kg K₂O/ha.

En diciembre de 1980 se realizó un raleo de los árboles de laurel de 49 a 16 por parcela; en julio de 1982 se raleó un árbol más por parcela.

2.3.6 Sistema Pasto con Poró:

La siembra de los cultivos se realizó durante agosto de 1977. El tipo de pasto utilizado es el estrella (*Cynodon plectosctochyus* o *Cynodon nlemfuensis*) el poró utilizado es el *Erythrina poeppigiana*. La densidad del poró es de 16 árboles por parcela neta o sea 494 árboles/ha, para una distancia de siembra de 6 x 6 m.

La fertilización del pasto ha seguido hasta el momento el mismo patrón que en la combinación de pasto + laurel.

Los árboles de poró han sido podados desde 1978 dos veces al año, aproximadamente cada 5 meses.

2.3.7 Sistema pasto

La fecha de siembra fue agosto de 1977. El tipo de pasto utilizado es el estrella (*Cynodon plectosctochyus* o *Cynodon nlemfuensis*).

En este caso, el pasto se fertiliza 4 veces al año, con la fórmula 10-30-10 aplicada a de la siguiente manera: 3 dosis de 2 kg de la fórmula/parcela y una última dosis de 1.13 kg/parcela lo que equivale a una dosis anual de 220 kg/ha de la fórmula, o sea 22 kg N/ha, 65 kg de P₂O₅/ha y 22 kg de K₂O/ha. De acuerdo a lo anterior, se han realizado las 4 aplicaciones durante los años de 1976 y en 1977 se

se hizo solamente una aplicación inicial de 2 kg/parcela.

3. Materiales y métodos

3.1. Determinación de la biomasa de laurel

Para realizar la determinación de biomasa de tallos de laurel en pie, se midió en noviembre 1982 las 4 parcelas de cada uno de los sistemas el diámetro a la altura del pecho (dap) con una cinta diamétrica y la altura total de cada uno de los árboles efectivos con un Blumeleis. El volumen promedio por parcela se obtuvo usando la altura y diámetro promedio correspondiente de la parcela, un coeficiente de forma (f) para el laurel igual a 0.46 y la fórmula usada fue la siguiente (UGALDE, 1981) $V (m^3) = \frac{\pi}{4} \text{dap}^2 n \bar{h}_m .f.$ Los volúmenes por parcela de madera se transformaron a kg de madera seca/parcela determinado como se indica posteriormente utilizando el peso específico básico del laurel que es de 0.44 g/cm³. Al final los kg/parcela se transformaron a kg/ha haciendo uso de las densidades de árboles/ha correspondientes a cada sistema.

Para estimar la biomasa hojas y ramas, se seleccionaron en julio de 1982 8 árboles con diámetros representativos en los tres sistemas bajo estudio, se tumbaron y se anotaron los pesos frescos totales por árbol de hojas y ramas. Con un barrenador Pressler se tomaron tres muestras de segmentos de los tallos (parte inferior, media alta) para hacer la determinación del peso específico básico de la madera del laurel. Al mismo tiempo se sacaron 24 submuestras de 100 g de hojas (3 por árbol) y 24 de 100 g de ramas, las muestras se secaron en una estufa a 72° C, se les determinó el porcentaje de humedad. Los pesos frescos se transformaron a pesos secos con factor de humedad y los datos se expresan en kg/ha, en base a la densidad de árboles/ha para cada caso en particular, expresando como sus valores promedios y desviaciones standard.

3.2. Determinación de la biomasa del poró

Para determinar la biomasa de ramas y hojas, se escogieron 8 árboles de diámetros representativos en el sistema Café + Poró y 8 c en el sistema Cacao + Poró o sea dos árboles de cada parcela de los tratamientos en estudio. Las mediciones se realizaron en dos ocasiones (febrero y julio 1982 para el café + poró; febrero y setiembre 1982 para el cacao + poró). En ambas oportunidades realizó una poda completa de los árboles; se cortó todo el material existente en el sistema café + poró

arriba de una altura promedio de 2.4 m, y para el cacao + poró arriba de una altura promedio de 2.6 m. Se anotaron los pesos frescos totales por árbol de hojas y ramas. De cada árbol se obtuvieron dos submuestras de hojas y ramas, (16 submuestras por tratamiento) las que se secaron en una estufa a 72°C, para obtener así el porcentaje de humedad.

Los datos promedios de las determinaciones de hojas y ramas hechas en el café + poró se utilizaron también para estimar la biomasa de hojas y ramas en el sistema pasto con poró, pues los promedios de dap y altura total de los árboles en ambos tratamientos son similares. Los datos promedios obtenidos se transformaron a kg/ha, multiplicándose por el número de árboles/ha de cada uno de los sistemas y son expresados como su promedio y la desviación standard.

Para determinar los volúmenes promedios de los tallos, se midió en enero de 1983 el dap y altura total de cada uno de los árboles efectivos de todas las parcelas existentes en cada sistema. En la misma oportunidad se sacaron con el taladro Pressler muestras de tallos, a fin de determinar en el laboratorio de maderas de la Universidad de Costa Rica el peso específico básico. Para el cálculo del volumen en m^3 se utilizó la fórmula $V = \frac{\pi}{4} \text{dap}^2 h$; los valores promedios de m^3 se transformaron a kg de madera seca mediante el uso del peso específico básico hallado en el laboratorio a saber 0.24 g/cm^3 .

3.3 Determinación de la biomasa del café

Las mediciones se llevaron a cabo en el mes de marzo de 1982. Se escogieron por sistema en total de 36 arbusto de café, o sea 9 arbustos por parcela, pertenecientes a 3 hileras centrales, a razón de 3 arbustos por hilera. Por arbusto se midió el largo de todos los tallos con diámetros a diferentes alturas, número total de hojas; número total de ramas plagiotrópicas (bandolas). Por arbusto se tomaron como muestras 9 bandolas, ubicadas en las posiciones inferior, media y superior de la planta, separando las ramas y las hojas. Posteriormente se secaron en una estufa a 72° C, para determinar el porcentaje de humedad.

Para obtener los datos finales se utilizaron los promedios de los números de hojas y ramas de los arbustos, el porcentaje de humedad, la densidad de plantas por hectárea. También se calcularon los parámetros estadísticos.

El volumen en m^3 de los tallos por arbusto se calculó por segmentos y según la fórmula de Smallian (UGALDE, 1981). Los datos de volumen promedio por árbol se pasaron a m^3/ha multiplicándose por la densidad de plantas del café; y éstos se transformaron a kg de madera seca usando el valor del peso específico básico del café, determinado por barrenamientos, el cual fue de 0.58 g/cm^3 .

3.4 Determinación de la biomasa del cacao.

(1) Las mediciones se llevaron a cabo en marzo de 1982. Se escogieron por sistema un total de 16 arbustos de cacao, o sea 4 arbustos por parcela, pertenecientes a dos hileras centrales, a razón de dos arbustos por hilera. Por arbusto se midió lo siguiente: altura total del tallo y diámetros en la base y al final del mismo, al mismo tiempo se obtuvieron muestras de tallos con el taladro Pressler, para determinar en el laboratorio de maderas de la Universidad de Costa Rica, el peso específico básico; a todas las ramas se les tomó largo total y diámetros a diferentes distancias, se tomó el número total de hojas. A la vez se tomaron muestras de 10 hojas ubicadas en distintas partes del arbusto, se secaron en una estufa a 72°C para determinar el porcentaje de humedad.

Tanto el volumen en m^3 en de tallos, como el de ramas, se sacaron aplicando la fórmula de Smallian (UGALDE, 1981) los m^3 de madera se transformaron a kg de madera seca mediante el uso del peso específico básico hallado en el laboratorio, cuyo valor fue de 0.33 g/cm^3 .

En todos los casos los promedios de biomasa de tallos, ramas, hojas por árbol en kg se multiplicaron por el número de plantas de cacao/ha, para así obtener los kg/ha.

3.5 Determinación de la biomasa de raíces

Para determinar la biomasa de raíces se utilizó un anillo metálico de 16 cm de diámetro y 15 cm de altura con un borde afilado que con un martillo fue introduciéndose en el suelo en las profundidades 0 a 15, 15 a 30 y 30 a 45 cm. Se realizaron 4 perforaciones en cada una de las parcelas estudiadas (28 parcelas, 112 perforaciones, 336 muestras en total).

Las raíces se separaron del suelo con agua a presión normal y se separaron en los tamaños $< 5 \text{ mm}$ y $5-20 \text{ mm}$. Las muestras obtenidas se secaron a 72°C ,

se pesaron y se analizaron químicamente según los métodos anteriormente indicados.

3.6 Análisis químicos

Como se indicó anteriormente, se obtuvieron muestras compuestas de las 4 parcelas para tallos, ramas, hojas, de cada uno de los árboles o arbustos involucrados en los diferentes sistemas. Las muestras se secaron en una estufa a 72°C, se pasaron por el molino Wiley con mallas 20 y 40. Se les determinó N-total según el método microkjeldahl modificado por MULLER (1965).

Para las determinaciones de fósforo, potasio, calcio y magnesio totales, se sometieron primero a una digestión nítróperclórica según la metodología de LOPEZ (1976), posteriormente el K, Ca y Mg se leyeron en el aparato de absorción atómica, del laboratorio de suelos del CATIE, modelo Perkin-Elmer 370A, siguiendo la metodología que para extractos vegetales indican DIAZ-ROMEY y HUNTER (19), el fósforo se determinó colorimétricamente de acuerdo a la metodología descrita por LOPEZ (1976).

4. Resultados y discusión

4.1. Biomasa y reservas nutritivas en los sistemas agroforestales café con laurel y café con poró.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de los análisis de elementos nutritivos (N, P, K, Ca y Mg), expresados en porcentaje, en las muestras de café, laurel y poró.

En el Cuadro 4 se presentan los valores promedios de los pesos frescos y secos de las biomásas de café, laurel, poró, distribuidas en sus componentes de tallos, ramas y hojas. Los valores se pueden resumir de la siguiente manera (Kg materia seca/ha):

	Café + Laurel		Café + Poró		
Hojas	2194	3158	Hojas	2698	4685
Ramas	1886	2269	Ramas	3817	7732
Tallos	3769	23802	Tallos	8780	7752

Los coeficientes de variación tienen valores cambiables entre los diferentes compartimientos, oscilan entre el 20 y 40% y son así comunes en materiales biológicos.

CUADRO 3. Determinación del contenido de elementos nutritivos de los compartimentos del café, cacao, árboles de pino y árboles de laurel (en por ciento, %)

SISTEMA	CAFE + LAUREL						CAFE + PORO					
	HOJAS		RAMAS		TALLOS		HOJAS		RAMAS		TALLOS	
	Café	Laurel	Café	Laurel	Café	Laurel	Café	Poró	Café	Poró	Café	Poró
N	2.45	2.79	1.11	0.91	0.76	0.40	2.49	4.00	1.14	1.28	0.81	0.7
P	0.09	0.24	0.19	0.19	0.12	0.05	0.11	0.27	0.12	0.15	0.10	0.07
K	0.22	2.28	0.46	1.18	0.44	0.46	0.72	1.59	0.40	1.42	1.02	0.38
Ca	1.06	1.72	1.00	0.46	0.94	0.54	1.24	1.4	1.04	0.72	0.54	0.82
Mg	0.10	0.82	0.08	0.26	0.14	0.17	0.3	0.47	0.12	0.27	0.14	0.12

SISTEMA	CACAO + LAUREL						CACAO + PORO					
	HOJAS		RAMAS		TALLOS		HOJAS		RAMAS		TALLOS	
	Cacao	Laurel	Cacao	Laurel	Cacao	Laurel	Cacao	Poró	Cacao	Poró	Cacao	Poró
N	1.88	2.79	0.81	0.91	0.37	0.40	2.08	3.1	1.04	1.19	0.50	0.54
P	0.12	0.24	0.13	0.19	0.13	0.05	0.12	0.24	0.13	0.14	0.10	0.06
K	1.04	2.28	1.14	1.18	0.78	0.46	0.56	1.3	0.64	1.33	0.56	0.76
Ca	1.40	1.72	1.16	0.46	0.40	0.54	1.28	1.63	1.26	1.24	0.84	0.72
Mg	0.54	0.82	0.32	0.26	0.46	0.17	0.34	0.49	0.20	0.42	0.32	0.24

SISTEMA	PASTO + LAUREL						PASTO + PORO					
	HOJAS		RAMAS		TALLOS		HOJAS		RAMAS		TALLOS	
	Laurel	--	Laurel	--	Laurel	--	Poró	--	Poró	--	Poró	--
N	2.79	--	0.91	--	0.40	--	3.55	--	1.24	--	0.62	--
P	0.24	--	0.19	--	0.05	--	0.26	--	0.15	--	0.07	--
K	2.28	--	1.18	--	0.46	--	1.45	--	1.38	--	0.57	--
Ca	1.72	--	0.46	--	0.54	--	1.52	--	0.98	--	0.77	--
Mg	0.82	--	0.26	--	0.17	--	0.46	--	0.35	--	0.13	--

Números en script: Datos basados en el muestreo biomasa de laurel hecho en el Pasto + Laurel, o en los x̄ de los datos obtenidos en el muestreo de biomasa de Café + Poró y Cacao + Poró.

Del Cuadro 4 se desprende que el laurel presenta una biomasa total promedio en peso seco de 29229 kg/ha, de la cual el 81% forman los tallos, el 11% las ramas y el 8% las hojas. El poró, por su parte, presenta una biomasa total seca de 20169 kg/ha, de la cual el 38% forman los tallos, otro 38% son ramas y un 24% son hojas.

El café con sombra de laurel presenta una biomasa total promedio en peso seco de 7849 kg/ha, de la cual el 48% constituyen tallos (ramas ortotrópicas), el 28% son ramas o bandolas (ramas plogiotrópicas), y el 24% son hojas. A la vez el café con sombra de poró presenta una biomasa total de 15295 kg/ha, de la cual el 57% constituyen tallos, el 25% son ramas o bandolas y el 18% son hojas. No cabe duda que el efecto de la sombra permanente del laurel y regulada del poró, juegan un papel importante en cuanto a la cantidad de biomasa de los cafetos. Comparando los promedios de biomasa del cafeto del presente estudio con los del cuadro comparativo N° 8, se nota para los cafetos bajo sombra de poró valores no muy alejados en cuanto a los promedios de hojas y tallos que reportan tanto ARANGUREN, ESCALANTE y HEPPER (2)(1982), como GOLBERG y JIMENEZ AVILA, (15), para cafetos con sombra de leguminosas en este caso la mayor discrepancia se halla en el valor de las ramas plogiotrópicas: sin embargo el valor de biomasa total de cafeto reportado por GOLBERG y JIMENEZ AVILA de 16713 kg/ha se acerca mucho al hallado en el presente estudio bajo sombra de poró de 15295 kg/ha y es muy superior al valor hallado para el cafeto bajo sombra de laurel, a saber: 7849 kg/ha.

Del Cuadro N° 3 en el que aparecen los datos de los análisis químicos se observa en general que los contenidos de elementos disminuye en la dirección de hojas, ramas y tallos, se nota que los contenidos de N en las hojas, ramas y tallos de poró son mayores que los contenidos en el laurel y se ajustan junto con los otros elementos a lo que RUSSO, 1983 reporta para hojas y ramas del poró. Por otro lado, los contenidos de elementos nutritivos de hojas, ramas y tallos del café bajo sombra de laurel son muy similares a los contenidos de hojas, ramas y tallos del café bajo sombra de poró, con la única excepción de que las hojas y tallos del café bajo poró contienen un poco más de potasio. Por último, comparando los contenidos de elementos nutritivos en las hojas con los que se reportan en la literatura (CHAVERRI, et al 1957), se tiene que el N y el Ca se consideran están a un nivel medio, el Mg de bajo a medio, el fósforo de bajo a deficiente, el K deficiente. Sin embargo es necesario indicar que esta interpretación es transitoria ya que en el análisis foliar se toman muestras específicas de las hojas.

Cuadro N° 4. Biomasa aérea de las reservas de elementos en los sistemas agroforestales de café con laurel y café con poro.

S I S T E M A	C A F E + L A U R E L			C A F E + P O R O		
	LAUREL		CAFE	PORO		CAFE
BIOMASA FRESCA						
Tallos (m ³ /ha)	59.09 ± 12.66		6.5 ± 1.04	32.01 ± 8.9		15.14 ± 2.98
Ramas (kg/ha)	8929 ± 1553		4601 ± 879	32364 ± 5323		7547 ± 496
Hojas (kg/ha)	7053 ± 2555		4680 ± 1670	16761 ± 1588		6119 ± 1186
HUMEDAD (%)						
Ramas	62.33		52.14	75.97		49.39
Hojas	67.8		58.92	71.89		55.9
BIOMASA SECA						
Tallos(kg/ha)	23802 ± 5570		3769 ± 604	7752 ± 2157		8780 ± 1727
Ramas (kg/ha)	3158 ± 490		2194 ± 367	7732 ± 944		3817 ± 224
Hojas (kg/ha)	2269 ± 818		1886 ± 531	4685 ± 498		2698 ± 526
ELEMENTOS NUTRITIVOS						
N \bar{x} (kg/ha)	63.3	28.7 95.2	46.2 24.3 28.6	67.1 43.5 71.1		
±	22.8	4.4 22.2	13.0 4.0 4.5	19.9	12.0 15.1	13.1 2.5 14
P \bar{x} (kg/ha)	5.4	6.0 11.9	1.7 4.1 4.5	12.6	11.6 5.4	2.9 4.5 8.7
±	1.9	0.9 2.7	0.4 0.7 0.7	1.3	1.4 1.5	0.5 0.2 1.7
K \bar{x} (kg/ha)	51.7	37.2 109.4	4.1 10.1 16.5	74.5	109.8 29.4	19.4 15.2 89.5
±	18.6	5.7 25.6	1.1 1.6 2.6	7.9	13.3 8.2	3.7 0.9 17.6
Ca \bar{x} (kg/ha)	39.0	14.5 128.5	20.0 21.9 35.4	65.5	55.6 63.5	33.4 39.6 82.5
±	14.0	2.2 30.0	5.6 3.6 5.6	6.9	6.7 17.6	6.5 2.3 16.2
Mg \bar{x} (kg/ha)	18.6	8.2 40.4	1.8 1.7 5.2	22.0	20.8 9.3	8.1 4.5 12.2
±	6.7	1.2 9.4	0.5 0.3 0.8	2.3	2.5 2.5	1.5 0.2 2.4

Del mismo Cuadro N° 4 se desprende que el laurel presenta el siguiente orden de clasificación, en cuanto a la cantidad promedio de nutrimentos contenidos en los 3 compartimentos (kg/ha): 198.5 N, 187.2 Ca, 67.3 Mg y 23.4 P. El Poró por su parte presenta (kg/ha): 340.7 N, del cual el 84% se encuentra en ramas y hojas, 213.8 K, del cual 86% está en ramas y hojas, 184.9 Ca, del cual el 66% se encuentra en ramas y hojas, 52.2 Mg, del cual el 82% se encuentra en ramas y hojas, 29.7 P, del cual el 82% se encuentra en ramas y hojas. Por su parte, el cafeto bajo sombra del laurel presenta el siguiente orden (kg/ha): 99.2 N, 77.3 Ca, 30.9 K, 10.4 P y 9 Mg. El cafeto bajo sombra de poró presenta (kg/ha): 181.8 N, 155.7 Ca, 124.3 K, 24.9 Mg y por último 16.8 P.

La determinación de la biomasa del laurel no se hizo directamente en los árboles del tratamiento café con laurel, los resultados se basan en la determinación de los árboles del sistema pasto con laurel. Así las condiciones de desarrollo (número de árboles por parcela, fertilización, competencia entre especies, etc.) difieren sin embargo se supone que las condiciones climáticas (radiación, temperatura, lluvia) y edafológicas son comparables y así el cálculo es factible.

La determinación de la biomasa de hojas y ramas del poró está basada en la suma de las podas que se realizan dos veces al año en el cultivar de café bajo sombra del poró. Así la biomasa es controlada y depende mucho de la técnica de la poda (fecha, intensidad, etc...) Los datos de biomasa, varían así entre las podas, p.e. para ramas 5420 y 2312 kg/ha y para hojas 2650 y 2035 kg/ha. RUSSO (1983) ha encontrado en dos podas anuales 5068 y 6728 kg/ha de ramas y hojas, sin embargo una poda única arrojó un valor más alto de 18474 kg/ha de hojas y ramas.

4.2. Biomasa y reservas nutritivas en los sistemas agroforestales cacao con laurel y cacao con poró.

En el Cuadro N° 3 se presentan los resultados de los análisis de elementos nutritivos (N, P, K, Ca y Mg), expresados en por ciento en las muestras de cacao, laurel y poró.

En el Cuadro N° 5 se presentan los valores promedios de los pesos frescos y secos de las biomásas de cacao, laurel y poró, distribuidos en sus componentes de tallos, ramas y hojas. Los valores se pueden resumir de la siguiente manera (kg M.S/ha):

Cuadro N° 5. Biomasa afeada de reservas nutritivas en los sistemas agroforestales de cacao con laurel y cacao con poró.

TRATAMIENTO	CACAO + LAUREL						CACAO + PORO					
	laurel			Cacao			Poró			Cacao		
Tipo de árbol analizado												
BIOMASA FRESCA												
Tallos (m ³ /ha)	53.89 ± 10.76			8.61 ± 2.13			38.47 ± 16.37			7.69 ± 1.56		
Ramas (kg/ha)	12666 ± 2334			12.42 ± 3.33			37954 ± 9105			9.31 ± 1.27		
Hojas (kg/ha)	10599 ± 3839			7033 ± 2070			10693 ± 1010			6569 ± 307		
HUMEDAD % Hojas	67.8			57.67			75.69			56.98		
Ramas	62.33			---			69.27			----		
BIOMASA SECA												
Tallos (kg/ha)	23711 ± 4736			2804 ± 692			9318 ± 3965			2505 ± 509		
Ramas (kg/ha)	4746 ± 736			4043 ± 1083			9314 ± 2654			3030 ± 414		
Hojas (kg/ha)	3410 ± 1230			2972 ± 862			3273 ± 471			2827 ± 171		
ELEMENTOS NUTRITIVOS												
N \bar{x} (kg/ha)	95.1	43.1	94.8	55.8	32.7	10.3	101.4	110.8	50.3	58.8	31.5	12.5
±	34.3	6.7	18.9	16.2	8.7	2.5	14.6	31.5	21.4	3.5	4.3	2.5
P \bar{x}	8.1	9.0	11.8	3.5	5.2	3.6	7.8	13.0	5.5	3.4	3.9	2.5
±	2.9	1.4	2.3	1.0	1.4	0.9	1.1	3.7	2.3	0.2	0.5	0.5
K \bar{x}	77.7	56	109.0	30.9	46.1	21.8	42.5	123.8	70.8	15.8	19.3	14.0
±	28.0	8.6	21.7	8.9	12.3	5.4	6.1	35.3	30.1	0.9	2.6	2.8
Ca \bar{x}	58.6	21.8	128.0	41.6	46.9	11.2	53.3	115.4	67.0	36.1	38.1	21.0
Mg \bar{x}	27.9	12.3	40.3	16.0	12.9	12.9	16.0	39.1	22.3	9.6	6.0	8.0
±	10.0	1.9	8.0	4.6	3.4	3.1	2.3	11.1	9.5	0.5	0.8	1.6

	Cacao + Poró		Cacao + Laurel		
Hojas	2827	3279	Hojas	2972	3410
Ramas	3030	9314	Ramas	4043	4746
Tallos	2509	9318	Tallos	280	23711

los coeficientes de variabilidad oscilan igualmente entre el 20 y 30 porciento y son comunes en muestras biológicas.

Del Cuadro N° 5 se desprende que el laurel presenta un promedio de biomasa seca total de 31867 kg/ha, en la que los tallos constituyen el 74%, las ramas el 15% y las hojas el 11%. El poró presenta un promedio total de 21905 kg/ha, en la que los tallos constituyen el 42.5%, las ramas otro 42.5% y las hojas el 15%. El cacao con la sombra de laurel presenta una biomasa total promedio en peso seco de 9819 kg/ha, de la cual el 29% constituyen tallos, el 41% constituyen ramas e y el 30% constituyen hojas. A la vez el cacao con sombra de poró presenta una biomasa total de 8362 kg/ha, de la cual el 30% constituyen tallos, el 36% constituyen ramas y el 34% constituyen hojas. Comparando los datos de biomasa entre sí, se nota que el cacao bajo sombra de laurel presenta una mayor cantidad de biomasa en sus ramas 4043 kg/ha que el cacao bajo sombra de poró 3030 kg/ha en ramas, tal diferencia puede deberse al manejo que se le da al cacao por el concepto de podas, pues es lógico pensar que el cacao bajo sombra de poró haya sido podado más fuerte que el cacao bajo sombra de laurel; por lo demás, se nota que el cacao no sufre mucho el efecto de la sombra permanente en cuanto a la producción de biomasa, pues los datos son bastante similares en ambos sistemas.

En base al cuadro comparativo N° 8, se observa que los valores de biomasa total del cacao en el presente estudio son inferiores al reportado por ARANGUREN, ESCALANTE Y HERRERA, (1982), sin embargo las mayores diferencias de los valores de biomasa del cacao de "La Montaña" radican en los valores de ramas y tallos reportados por ARANGUREN, ESCALANTE Y HERRERA; pues tales valores son muy superiores a los valores de ramas y tallos hallados en "La Montaña"; tal diferencia es lógica, si se tiene en cuenta que sus condiciones de trabajo, tales como: especies, edad de la planta, manejo, densidad de siembra, pueden afectar drásticamente tales medidas.

Del Cuadro N° 5 en el que aparecen los datos de los análisis químicos, se observa en general que los contenidos de elementos disminuyen en la dirección de hojas, ramas y tallos; se nota que los contenidos de N en las hojas, ramas y tallos de poró son mayores que los contenidos en el laurel y se ajustan junto con los otros

elementos a lo que RUSSO (1966) (23_a) reporta para hojas y ramas de poró. Por otro lado los contenidos de N en las hojas, ramas y tallos del cacao bajo sombra de poró siempre son superiores a los de los mismos órganos q pero bajo sombra de laurel, por lo demás los contenidos de P, K, Ca y Mg son similares en ambos sistemas y para órganos del mismo tipo. Por último, comparando los contenidos de elementos nutritivos en las hojas de cacao con los que se reportan en la literatura ; se tiene que: el contenido de N se considera deficiente ga bajo laurel y normal bajo poró, el fósforo, potasio y magnesio se consideran deficientes en ambos sistemas, el Calcio, por su parte, se considera en exceso en ambos sistemas, la relación K:Ca:Mg está desbalanceada hacia un exceso de Ca y una deficiencia de K y Mg.

Del mismo Cuadro N° 5 se desprende que el laurel presenta el siguiente orden de clasificación, en cuanto a la cantidad promedio de nutrimentos contenidos en los 3 componentes (kg/ha): 233.3 N, 242.9 K, 208.5 Ca, 80.6 Mg y 29.1 de P. El poró por su parte presenta (kg/ha): 262.6 N, del cual el 81% se encuentra en ramas y hojas, 237.3 K, del cual el 70% se encuentra en ramas y hojas, 235.9 Ca, del cual el 72% se encuentra en ramas y hojas, 77.5 Mg, del cual el 71% se encuentra en ramas y hojas, 26.5 P, del cual el 79% se encuentra en ramas y hojas. Por su parte, el cacao bajo sombra de laurel, presenta el siguiente orden (kg/ha): 99.7 Ca, 99.1 N, 98.9 K, 41.9 Mg y 12.5 P. El cacao bajo sombra de poró presenta (kg/ha): 102.8 N, 95.4 Ca, 49.2 K, 23.7 Mg y 9.4 P.

Igualmente aquí se debe indicar que la biomasa del laurel es calculada en función de la determinación bajo el sistema pasto con laurel y que la biomasa de las hojas y ramas del poró en la suma de las dos podas anuales realizadas.

4.3. Biomasa y reservas nutritivas en los sistemas agroforestales pasto con laurel y pasto con poró.

En el Cuadro N° 6 se presentan los promedios de pesos frescos y secos de la biomasa de laurel y poró distribuidos en los componentes de tallos, ramas y hojas. El laurel presenta los siguientes valores promedios de biomasa en materia seca 31312 kg/ha para los tallos, 7904 kg/ha para las ramas y 5608 kg/ha para las hojas. El poró por su parte presenta en materia seca valores de 12030 kg/ha para tallos, 6882 kg/ha para ramas y 4196 kg/ha para hojas. En el mismo cuadro se dan los promedios de la cantidad de elementos nutritivos (N, P, K, Ca y Mg) contenidos en los tallos, ramas y hojas de los árboles respectivos.

Cuadro N° 6 Biomasa aérea de cantidades de elementos nutritivos en los sistemas agroforestales de pasto con laurel y pasto con poró.

TRATAMIENTO	PASTO + LAUREL			PASTO + PORO			
Tipo de árbol analizado	Laurel			Poró			
BIOMASA FRESCA							
Tallos (m ³ /ha)	71.16 ± 4.8			49.67 ± 8.20			
Ramas (kg/ha)	21095 ± 3887			28806 ± 4738			
Hojas (kg/ha)	17652 ± 6394			14974 ± 1465			
BIOMASA SECA							
Tallos (kg/ha)	31312 ± 2112			12030 ± 1986			
Ramas (kg/ha)	7904 ± 1226			6882 ± 836			
Hojas (kg/ha)	5680 ± 2048			4196 ± 447			
HUMEDAD (%)							
Ramas	67.8			71.89			
Hojas	62.33			75.97			
ELEMENTOS NUTRITIVOS							
N	x	158.4	71.9	125.2	148.9	85.3	74.5
	±	57.1	11.1	8.4	15.8	10.3	12.3
P	x	13.6	15.0	15.6	10.9	10.3	8.4
	±	4.9	2.3	1.0	1.1	1.2	1.3
K	x	129.4	93.2	144.0	60.8	94.9	68.5
	±	46.2	14.4	9.7	6.4	11.5	11.3
Ca	x	97.6	36.3	165.0	63.7	67.4	92.6
	±	35.2	5.6	11.4	6.8	8.1	15.2
Mg	x	97.6	36.3	165.0	20.1	24.0	21.6
	±	35.2	5.6	11.4	2.1	2.9	3.5

Del Cuadro Nº 6 se desprende que el laurel presenta un promedio de biomasa seca total de 44824 kg/ha, en la que los tallos constituyen el 70%, las ramas el 17.5. y las hojas el 12.5%. El poró presenta un promedio total de 23108 kg/ha, en la que los tallos constituyen el 52%, las ramas el 30% y las hojas el 18%. En el caso del poró vale la pena resaltar el hecho de que la cantidad de materia orgánica adicionada al suelo en un año por concepto de dos podas (ramas y hojas) constituye el 48% o sea 11706 kg/ha/año de la biomasa total del poró. Los datos de las cantidades de ramas y hojas del poró son muy similares a los promedios reportados por RUSSO (1983), quien trabajando bajo las condiciones de Turrialba y en un cafetal joven, con poró de 7-8 años de edad y a una densidad de 280 árboles/ha reporta 6.46 kg/árbol material seco de hojas por poda, 11.64 kg/árbol de ramas, en el presente estudio se halló 4.25 kg/árbol por concepto de hojas por poda y 6.97 kg/árbol de ramas.

Del mismo Cuadro Nº 6 se desprende que el laurel presenta el siguiente orden de clasificación, en cuanto a la cantidad promedio de elementos nutritivos contenidos en los 3 compartimentos (kg/ha): 366.8 K, 355.7 N, 303.2 Ca, 120 Mg y 44.3 P. El poró por su parte presenta (kg/ha): 308.5 N, del cual 75.8% se encuentra en las hojas y ramas, 224.4 K, del cual 69.4% se encuentra en las hojas y ramas, 223.9 kg/ha de Ca, del cual 58.6 se encuentra en las hojas y ramas, 65.9 Mg, del cual 67.1 se encuentra en las hojas y ramas; por último 29.6 P, del cual 71.6 se encuentra en las hojas y ramas.

4.4 Biomasa de raíces

La biomasa seca de las raíces según su tamaño, los contenidos de elementos nutritivos, y la acumulación respectiva de los elementos nutritivos de se encuentran en el Cuadro 7.

Una separación de las raíces por especies de un sistema agroforestal no es factible ya que su desarrollo en el suelo es espacialmente igual y sus características morfológicas son muy similares. La determinación realizada solo incluye las raíces finas, responsables de la absorción del agua y los elementos nutritivos. Una determinación de la biomasa de raíces gruesas, especialmente pivotantes, no fue factible pues habría que escavar las plantas correspondientes.

El contenido de los elementos de las raíces finas son más bajos que los de las hojas, comparables a las de las ramas y más altos que los de los tallos.

Cuadro N° 7. Materia seca y elementos nutritivos en las raíces y análisis químicos de elementos nutritivos, en los sistemas agroforestales estudiados.

SISTEMA AGROFORESTAL	Pasto + laurel	Pasto + Poró	Café + laurel	Café + poró	Cacao + Laurel	Cacao + Poró
BIOMASA SECA (0-45 cm suelo) 5 mm (kg/ha)	592	188	834	613	882	392
Producción x 5-20 mm (kg/ha)	595	135	663	253	514	203
Total de raíces total (kg/ha)	1187	323	1497	866	1396	595
CONTENIDO DE ELEMENTOS (%) en raíces						
N	1.14	1.35	1.30	1.67	0.92	1.23
P	0.12	0.11	0.10	0.13	0.10	0.13
K	0.58	1.19	0.62	0.11	0.51	0.99
Ca	1.05	1.08	1.57	1.17	1.06	1.08
Mg	0.32	0.25	0.39	0.35	0.33	0.26
RESERVAS NUTRITIVAS (kg/ha)						
N	13.53	4.36	19.46	14.46	12.84	7.32
P	1.42	0.36	1.50	1.13	1.40	0.77
K	6.89	3.84	9.28	6.15	7.12	5.89
Ca	12.46	3.49	23.50	10.13	14.80	6.43
Mg	3.80	0.81	5.84	3.03	4.61	1.55

CUADRO 2 CUADRO COMPARATIVO DE FITOMASA EN DIFERENTES SISTEMAS AGROFORESTALES

Autor	Lugar de estudio	Tipo de sistema	Plantas por ha.	Edad (años)	Biomasa seca total del cultivo (kg/ha)	Biomasa seca del cultivo (kg/ha)	Biomasa seca de la sombra (kg/ha)	Hojas RAMAS TALLOS	Hojas RAMAS TALLOS
Aranguren, Escalante y Herrera (1982) (2)	40 km Oeste de Caracas, Venez. 1300 mts s.n.m.	Café + Inga sp. + Erythrina sp. + otros árboles de sombra.	5597	7	40542.1	4086.1	29268.3	7188.7	--
Aranguren, Escalante y Herrera (1982) (3)	Ocumare de la Costa al Norte de Venezuela, 12 mbs. s.n.m.	Cacao + Erythrina sp. + Cassipouira elástica + otros.	947	30	17104.3	2548	9879.1	4677.2	--
Goiberg y Jiménez Avila (15)	Teolu, Veracruz, México	Café + Inga jinicuil + Inga sp.	3600	50 45 42 a 66	16713	2313	7560	6840	27940 430 17150 10360
Russo 1983	CATIE, Turrialba Costa Rica, 602 m.s.n.m.	Café + Erythrina purpurigama	4300	2 8	--	--	--	--	5068 1809 3259 6728 2092 4636 18474 3276 15198
Estudio de "La Montaña" Alpizar 1981-1982	CATIE, Turrialba Costa Rica, 602 m.s.n.m.	Café + Erythrina purpurigama + Condalia allodora	5000	5 5	15295	2696	3817	8780	20169 4585 7732
"	"	Cacao + Erythrina purpurigama + Condalia allodora	5000	5 5	7849	1886	2194	3769	29229 2269 3156
"	"	Cacao + Erythrina purpurigama + Condalia allodora	1111	5 5	8362	2827	3030	2505	21905 3273 9314
"	"	Cacao + Condalia allodora	1111	5 5	9819	2972	4043	2804	31867 3410 4746 23711
"	"	Pasto + Erythrina purpurigama + Condalia allodora	-	494 5 5	--	--	--	--	23188 4196 6892 12030
"	"	Pasto + Condalia allodora	-	463 5 5	--	--	--	--	44824 5608 7904 31312
Bee (1982) (5)	La Suiza, Turrialba Costa Rica, 610 m.s.n.m.	Café + Erythrina purpurigama	3922	245 14 14	--	--	--	--	7785 3793 3992
Sher (1982) (5)	La Suiza, Turrialba Costa Rica, 610 m.s.n.m.	Café + Erythrina purpurigama + Condalia allodora	3509	222 14 9-17 de poró +475 de laurel	--	--	--	--	2958 1656 1302

1. Para el cuadro se tomó en cuenta el cultivo y la Inga jinicuil, solamente.
2. Los datos se refieren a la determinación por concepto de una poda del árbol moró.
3. Los datos se refieren a la suma de dos podas del árbol de poró en un año.
4. Los datos se refieren a la suma de 1 poda del árbol de poró en un año
5. Los datos se refieren exclusivamente a la suma de 3 podas del árbol de poró en un año, el laurel no se tomó en cuenta.

(Cuadro 3). Ello es explicable por las características funcionales de estos órganos. Los contenidos de N son más altos en los r tratamientos con poró, ello debido a la fijación de N por esta especie. Los contenidos de los demás elementos es generalmente comparable.

Las biomásas de raíces en los tratamientos con laurel son el doble hasta triple que los con poró. La fisiología de las raíces de las especies estudiadas casi no es conocida y así resulta muy difícil comparar los resultados.

En función de las cantidades y las concentraciones de las reservas nutritivas de los tratamientos con laurel o poró difieren mucho.

5. Resumen

Se determinó la biomasa en los sistemas agroforestales café con laurel, café con poró; cacao con laurel, cacao con poró; pasto con laurel y pasto con poró del Experimento Central "La Montaña" del CATIE en Turrialba, Costa Rica.

Los resultados se pueden resumir como sigue (Kg Materia seca/ha):

	Café con Laurel		Café con poró	
Hojas	2194	3158	2698	7685
Ramas	1886	2269	3817	7732
Tallos	3769	23802	8780	7752
Raíces finas	1497		866	
TOTAL	38565		36330	

	Cacao con Laurel		Cacao con poró	
Hojas	2972	3410	2827	3279
Ramas	4043	4746	3030	9314
Tallos	2803	23711	2509	9318
Raíces finas	1396		595	
ROTAL	43081		30872	

	Pasto con Laurel	Pasto con Poró
Hojas	- 5620	- 4196
Ramas	- 7904	- 6882
Tallos	- 31312	- 12030
Raíces finas	1187	323
TOTAL	46083	23431

Se determinaron las cantidades de elementos nutritivos (N, P, K, Ca, Mg) acumulados en la biomasa. Aunque los contenidos de elementos es más alta en las combinaciones con poró, especialmente N, las cantidades totales acumuladas en las combinaciones con laurel son más altas.

Los coeficientes de variación de las diferentes especies y sus compartimentos oscila entre el 20 y 40 por ciento.

1. 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.
2. _____. Ciclo del nitrógeno en cultivos tropicales permanentes bajo árboles de sombra. II Cacao. Plant and Soil 67: 259-269. 1982.
3. CATIE. Resumen de los datos meteorológicos desde el inicio de las observaciones hasta diciembre de 1981. CATIE, mimeo, 1982, 1 p.
4. COMBE, J. y GENWALD, N. eds. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Costa Rica, CATIE, 1979, 378 p.
5. CHAVERRI, G.R. MAY, E.S. and CHAVES, F.S. Resultados del análisis foliar del café en Costa Rica. STICA, San José, Costa Rica, Información técnica N° 3. 1957.
6. DE LAS SALAS, G. y FASSBENDER, H.W. The soil science basis of agroforestry production systems. In Heuvelink, J. y Lagemann, J. Agroforestry. Proceedings of a seminar held in CATIE, Turrialba, Costa Rica, 23-February-March 3, 1981. pp 27-33.
7. DIAZ-ROMEU, 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.
8. ENRIQUEZ, G.A. Ensayo Central de cultivos perennes en comparación con algunos anuales. In: Taller Sistemas agroforestales en America Latina, Turrialba, Costa Rica, marzo 1979. Actas. Editado por G. De las Salas. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. p 199.
9. FOURNIER, L.A. Fundamentos ecológicos de cultivos del café. IICA Zona Norte Publicación miscelánea 1980, Turrialba, Costa Rica. 29 p.
10. GOLBERG, A.D. y JIMENEZ AVILA, E. Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero IV: Distribución de la biomasa aérea en diferentes estratos del cafetal. INIREB 8030120, Xalapa, Veracruz, México. Apto 63. s.f.s.p. (publicación reciente) 1982?
11. GRIMM U y FASSBENDER, H.W. Ciclos biogeoquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela I, II, III, IV, Turrialba 31, 27-39; 39-47; 89-99; 101-108; 1981.
12. LOPEZ, C.A. Manual de laboratorio de fertilidad de suelos. Universidad de Costa Rica. 1976. 44 p.
13. MULLER, L. Un aparato microkjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. Turrialba (Costa Rica) 11 (1): 17-25. 1965.

14. 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, 100 p.
15. UGALDE, L. Conceptos básicos de dasometría. CATIE, Programa de Recursos Naturales Renovables, Turrialba, Costa Rica. 22 p. 1981.