

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.

FACULTAD DE CIENCIAS.

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA.

C.I.E.L.A.T.

DINAMICA DEL NITROGENO EN LA FITOMASA DE UN CULTIVO

DE CAFE DE SOL, EN CANAGUA, EDO. MERIDA.

Trabajo Especial de Grado
Presentado Ante la Ilustre
Universidad de Los Andes por
la Br. Jorgelina S. Quintero
como Requisito Parcial para
Optar al Titulo de
Licenciado en Biología.

MERIDA, MAYO 1994

INFORME DEL JURADO NOMBRADO POR EL CONSEJO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES PARA CONSIDERAR EL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO DE LA BACHILLER JORGELINA SUSANA QUINTERO.

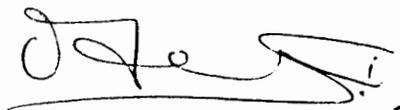
En Mérida, a los 16 días del mes de Mayo de mil novecientos noventa y cuatro, a las 4:00 pm. se reunieron los Profesores: Miguel Montilla de la Facultad de Ciencias, Maximina Monasterio de la Facultad de Ciencias y Michele Ataroff de la Facultad de Ciencias, quienes forman el Jurado nombrado y aprobado por el Consejo de la Facultad de Ciencias, para revisar el Trabajo Especial de Grado que sobre el tema: **DINAMICA DEL NITROGENO EN LA FITOMASA DE UN CULTIVO DE CAFÉ DE SOL, EN CANAGUA, ESTADO MERIDA**, presentó la Bachiller **JORGELINA SUSANA QUINTERO**, titular de la Cédula de Identidad N° 8.039.336, para optar al título de:

LICENCIADO EN BIOLOGIA

en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes. Acto seguido se procedió a oír la exposición que sobre el tema arriba mencionado, realizó la Bachiller **JORGELINA SUSANA QUINTERO**.

Después del correspondiente interrogatorio, el Jurado procedió a deliberar sobre la calificación del trabajo sometido a consideración.

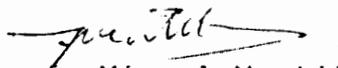
Finalmente el Jurado lo declaró **APROBADO** con la Calificación de **Dieciocho (18) Puntos**.



Dra. Michele Ataroff
(Tutor)



Dra. Maximina Monasterio



Prof. Miguel Montilla

**ESTE TRABAJO HA SIDO REALIZADO EN EL
CENTRO DE INVESTIGACIONES ECOLOGICAS DE LOS ANDES TROPICALES
(CIELAT)
FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
BAJO LA DIRECCION DE LA DRA. MICHELE ATAROFF (TUTORA)**

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

	pág
1. INTRODUCCION	1
2. MATERIALES Y METODOS	
2.1. SELECCION Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO . .	11
2.2. TOMA DE MUESTRAS	14
2.2.1. Hojarasca	16
2.2.2. Biomasa	20
2.2.3. Deshierbe	23
2.2.4. Cosecha	23
2.2.5. Fertilización	23
2.3. PROCESAMIENTO DEL MATERIAL	25
2.4. ANALISIS QUIMICOS	25
3. RESULTADOS	
3.1. BIOMASA	28
3.1.1. Biomasa Aérea	28
a) Café	28

b) Cambur	39
3.1.2. Biomasa Subterránea	49
a) Café	49
b) Cambur	57
3.1.3. Otras Especies	64
3.2. HOJARASCA	68
3.2.1. Hojarasca Interceptada	68
3.2.2. Hojarasca del Suelo	80
3.2.3. Hojarasca Arrastrada por Erosión	88
3.3. DESHIERBE	97
3.4. COSECHA	99
3.5. FERTILIZACION	100
4. <i>DISCUSION GENERAL Y CONCLUSIONES</i>	104
5. <i>BIBLIOGRAFIA</i>	117

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es determinar el contenido y la dinámica del nitrógeno en diferentes compartimientos de la fitomasa en un cultivo de café de sol con *Coffea arabica* var. *bourbon* y var. *caturra*, cambur (*Musa sp.*) y plantas herbáceas.

La parcela de estudio está ubicada en la localidad de Canaguá, Edo. Mérida, a 1700 m de altitud, con una pendiente de 31°. Una temperatura media anual de 18,5°C y una precipitación promedio anual cercana a 1808 mm con un régimen biestacional con un período seco de diciembre a marzo y otro lluvioso de abril a noviembre.

Durante el año de estudio (91 - 92) se efectuaron dos tipos de muestreos: 1) Mensuales, correspondientes a la hojarasca caída y hojarasca arrastrada por erosión; 2) En cuatro épocas del año, de la biomasa aérea y subterránea de café, cambur y otras especies, y de la hojarasca del suelo. Se tomaron muestras derivadas de las actividades agrícolas: fertilización, deshierbe y cosecha, en los períodos que fueron realizados por el agricultor. Para la recolección de las muestras de hojarasca caída se utilizaron 15 cestas interceptoras y para la hojarasca arrastrada se utilizó una parcela de erosión de 6 x 2 m.

Cada compartimiento de la fitomasa se separó en varios subcompartimientos (hojas, ramas, flores, frutos, raíces), en cada caso se obtuvo el peso seco y la cantidad de nitrógeno. El nitrógeno presente en las muestras se determinó a través del método de micro-Kjeldhal.

Durante el período de muestreo se tomaron registros continuos de la precipitación, las actividades agrícolas y fenología de los cafetos.

La biomasa total del agroecosistema es de 24.860 Kg.ha⁻¹, donde la mayor proporción corresponde al café (18.730), seguida del cambur y otras especies. La cantidad de nitrógeno total en la biomasa es de 429 KgN.ha⁻¹, concentrada principalmente en las plantas de café con 337 KgN.ha⁻¹.

Se observa una relación entre la caída de hojarasca y el patrón de precipitaciones, siendo máxima en los meses secos (diciembre - enero). Así mismo, en el período de sequía (febrero), se encontró la mayor cantidad de hojarasca en la superficie del suelo. La constante de descomposición (K) calculada fue de 1.91. La salida de hojarasca por arrastre, contrariamente a los esperado, no ocurre en la época de mayor precipitación y está más bien relacionada con los períodos en que se efectuaron las actividades agrícolas, es decir, la movilización de personas en el cultivo en estos meses produce

un mayor arrastre de hojarasca.

Los aportes anuales de nitrógeno al suelo a través de la fitomasa corresponden a la hojarasca interceptada, con 118 KgN.ha⁻¹, el deshierbe con 96 KgN.ha⁻¹. El aporte por fertilizante fue de 162 KgN.ha⁻¹. Las principales salidas de nitrógeno por la fitomasa son a través de la cosecha con 97 KgN.ha⁻¹ y de la hojarasca arrastrada con 8 KgN.ha⁻¹; manteniéndose 58 KgN.ha⁻¹ en la hojarasca del suelo. Todo parece indicar un exceso de fertilización inorgánica, dado que el aporte de nitrógeno por la hojarasca que cae del dosel y el deshierbe (214 KgN.ha⁻¹) supera la salida por hojarasca arrastrada y la cosecha (105 KgN.ha⁻¹).

1. *INTRODUCCION*

El café parece ser originario de Abisinia desde donde fue introducido a Egipto en el siglo XV (Haarer, 1962; Adriani, 1989). La llegada del café a América no es bien conocida, de acuerdo con Haarer (1962) fue traído por los holandeses a Surinam; mientras Adriani (1989) señala que fueron los franceses que lo trajeron a Martinica, Guadalupe y otras posesiones insulares.

En Venezuela, tal como lo señala Haarer (1962) la primera plantación experimental de café fue establecida en una misión cercana al Orinoco por un misionero castellano en el año de 1730. En la región de Los Andes parece haber sido introducido por primera vez en Mérida antes de 1977 (Adriani, 1989).

Pero es a finales del siglo XVIII cuando realmente él comienza a ser un importante renglón del comercio de exportación (Haarer, 1962; Adriani, 1989); desde entonces ha constituido un rubro socioeconómico de gran importancia para el país.

En condiciones naturales el café silvestre crece en Etiopía, entre 1300 - 1800 m, entre 6° y 9° de latitud Norte (Coste, 1969). En general su cultivo prospera en regiones con precipitaciones que van de 1200 - 1800 mm anuales, con un régimen que comprende algunos meses poco lluviosos ó de

relativa sequía, con temperaturas medias óptimas entre 22 - 26 °C y un pH entre 4.2 y 5.1 (Haarer, 1962; Coste, 1969; García & Henao, s. f.). Esta corta época seca es importante para el cafeto, para el crecimiento de las raíces, el inicio de la floración y la posterior maduración de los frutos (Maestri & Santos Barros, 1977). La mayoría de los cultivos con fines comerciales en nuestro país se ubica en zonas comprendidas entre 800 - 1700 m de altitud.

El café puede ser cultivado como un monocultivo agroforestal constituyendo su habitat bajo árboles de sombra, a total exposición solar o como un cultivo mixto con árboles frutales. En los pueblos del Sur de Mérida, a los cuales pertenece Canaguá, el cultivo del café no se caracteriza por grandes plantaciones, sino por fincas relativamente pequeñas cuyas parcelas están bajo la sombra de leguminosas ó árboles frutales. Esta situación esta cambiando con la introducción de variedades de café de sol generalmente sembradas con algunas plantas de cambur (*Musa sp.*); práctica que se ve muy extendida en estas zonas actualmente.

Al cultivo con árboles de sombra se le atribuyen una serie de ventajas, tales como: mantener y acrecentar la materia orgánica del suelo, prolongar la vida del cafetal, evitar la desecación del suelo lo que permite que las raicillas sean más efectivas en la nutrición mineral, humedad relativa más alta, temperaturas más estables, (Nosti, 1963; Coste, 1969; Ataroff,

1990), en contraposición, la sombra excesiva crea un ambiente propicio para enfermedades particularmente las producidas por hongos que afecta el rendimiento de la cosecha. Por otro lado, el cultivo intensivo sin sombra es más productivo, pero requiere mayor suministro de fertilizantes, en algunos casos riego; además el período productivo de los cafetos es menor, entre otras razones, porque hay mayor actividad fotosintética, la absorción de nutrientes del suelo es mayor, las temperaturas son más altas, la evaporación del agua en la capa superficial del suelo es mayor, erosiona y degrada el suelo (Jiménez - Avila, 1982; García, 1988; Ataroff, 1990).

Uno de los macro-elementos de mayor importancia para las plantas superiores, es el nitrógeno. El mismo forma parte de la molécula de clorofila, de aminoácidos, proteínas; es esencial para la utilización de carbohidratos, estimula el desarrollo y actividad de las raíces y sirve de base para la absorción de otros nutrientes (Olson & Kurtz, 1982; Tamm, 1991). Para las plantas de café desempeña un papel primordial en el metabolismo de crecimiento y más tarde en la formación de las ramas jóvenes y de las hojas, en la actividad fotosintética y en la fructificación (Coste, 1969); para Henao (1982, cita de Ataroff, 1990) tiene influencia en la formación de las yemas florales. Es así como el aporte de nitrógeno produce mayores efectos en la producción. Su deficiencia en las plantas de café se evidencia en una marcada clórosis de las hojas, caída de las mismas, reduce el crecimiento de la lámina foliar, momificación de los

frutos y muerte de las ramas en crecimiento (Haarer, 1962; Coste, 1969; Navidad, 1987; Ataroff, 1990). Haarer (1962) señala que éstos síntomas se intensifican en cultivares a plena exposición solar. Es indudable que los cafetos requieren en mayor cantidad de éste mineral para lograr un desarrollo normal. Ensayos realizados por Carvajal y col. (1969) con plantas de café trasplantadas a soluciones nutritivas mostraron que el nitrógeno es un elemento primordial para las mismas, el cual fue absorbido en un 48% del total, y en menor proporción el potasio, calcio y magnesio.

Siendo el nitrógeno un elemento nutritivo esencial para los cafetos, es indudable, que el estudio de este mineral en los agroecosistemas cafetaleros reviste gran importancia, considerando que exportan gran cantidad de nitrógeno a través de la cosecha. El ciclaje de nitrógeno en un ecosistema es relativamente complejo por la cantidad de procesos de transferencia que ocurren en los distintos componentes del ecosistema, es por ello que este tipo de estudio resulta muy laborioso limitándose en la mayoría de los casos a sólo los componentes más importantes. A nivel del ecosistema es en el reciclado interno entre la vegetación, la fauna, los microorganismos y el suelo donde se producen los procesos cualitativa y cuantitativamente más importante desde el punto de vista ecológico (Sarmiento, 1984).

En los ecosistemas agrícolas el suministro natural de

nitrógeno deriva de la mineralización de la materia orgánica del suelo, fijación simbiótica y no simbiótica de nitrógeno atmosférico y de la entrada por precipitación a lo cual se suma en la mayoría de los casos la fertilización inorgánica u orgánica. Las principales pérdidas ocurren por lixiviación, percolación y drenaje, volatilización y a través de la cosecha (Webster & Wilson, 1980).

La distribución y el flujo total de nitrógeno en los agroecosistemas, a diferencia de los ecosistemas naturales no sólo va a estar influenciada por las condiciones ecológicas sino en mayor proporción por variables propias del cultivo. En los cafetales la variabilidad en el contenido de nitrógeno en las plantas y en su balance evidencian grandes diferencias dependiendo de la variedad utilizada, de la forma de manejo, si hay uso o no de fertilización química y de otras variables.

En el ciclo del nitrógeno en plantaciones de café sombreado Bornemisza (1982) señala que la principal entrada al cultivo de este elemento ocurre por fertilización, en menor cantidad a través de la precipitación, fijación por los árboles sombreados (leguminosas) y otra fuente de gran importancia es la mineralización de la materia orgánica. Las pérdidas de nitrógeno se producen en mayor proporción por la cosecha, también por la leña sacada de la poda del café y árboles de sombra, erosión, lixiviación y en forma de compuestos gaseosos (desnitrificación). Cuando las formas de manejo son otras (cultivos

de sol y mixtos), por supuesto las entradas y salidas en el balance de nitrógeno también difieren. Una gran parte del nitrógeno en estos sistemas se encuentra almacenado en la biomasa y en el suelo (Aranguren, 1979; Aranguren y col., 1982; Fassbender y col., 1985; Navidad, 1987).

La distribución de un nutriente en la biomasa está determinada por la actividad relativa de los tejidos, siendo los tejidos más productivos los que acumulan la mayor concentración de nutrientes y al mismo tiempo la distribución a nivel del ecosistema va a depender de la producción de materia seca. Dada la alta movilidad del nitrógeno, éste puede fácilmente ser redistribuido entre diferentes órganos de la planta (Sutcliffe & Baker, 1979; Chapin, 1980). Existen variaciones en la concentración de nitrógeno dependiendo de: las partes de una planta, variables climáticas, deficiencia o exceso de otro nutriente, etc. En general, el contenido de nitrógeno de muchas especies de plantas varía entre 1 - 4% en base a su peso seco, (Lee & Stewart, 1978; Allen y col., 1974 cita de Marrs y col., 1983). Así mismo, Lee & Stewart (1978) señala que las plantas muy pocas veces contienen menos del 1%, aún en los habitats deficientes de nitrógeno. Contrariamente Pate & Layzell (1981, cita de Pate, 1983) refieren que el menor contenido de nitrógeno (0.3% ó menos) se encuentra en la materia seca de tallos viejos ó tejidos leñosos, las raíces tienen bajo contenido entre 1 - 2%, las hojas y las partes jóvenes del vástago son de mayor contenido entre 4 - 5% y los valores más altos 7 - 8%

tienen un gran desarrollo del vástago y sus hojas largas y anchas tienen una alta tasa transpiratoria y dan una sombra muy concentrada características éstas que pueden disminuir el desarrollo del cafeto.

Aunque se ha demostrado que el principal elemento nutritivo para las plantas de *Musa* es el potasio (K), seguido por el nitrógeno y el fósforo (P) (Simmonds, 1973; Ramírez y col., 1978), la absorción de nitrógeno por estas plantas no deja de ser importante. Hewitt (1955, cita de Simmonds, 1973) revela niveles críticos en hojas de plátano para el potasio de 3.3% y del nitrógeno 2.6%; datos recopilados por Simmonds (1973) indican que éstas contienen un promedio de 3.6% K y 2.7% N y los niveles de deficiencia para el potasio son de 2.5% y de 1.5% para el nitrógeno. Ensayos realizados de cambur en el Edo. Aragua revelan que el contenido de nitrógeno foliar fue mayor al 3.0% (Ramírez y col., 1978). A nivel de la biomasa Simmonds (1973) hace referencia de resultados obtenidos por otros autores de 133 KgN.ha⁻¹, 225 KgN.ha⁻¹ y 270 KgN.ha⁻¹, mientras la cantidad de nitrógeno exportada a través de los frutos es bastante baja, de 48 - 80 KgN.ha⁻¹, si se considera que las cosechas oscilan entre 25 - 40 Ton/ha.

Un compartimiento importante en el balance de nitrógeno en cafetales expuestos al sol lo constituyen las plantas herbáceas (malezas), que al igual que las musáceas compiten con los cafetos por agua y elementos nutritivos, sobre todo cuando

éstas se desarrollan en el período de crecimiento del café o en la época de sequía. Las malezas pueden inmovilizar una cantidad considerable de nitrógeno si estas incrementan notablemente su biomasa. En muchos casos gran parte del nitrógeno inmovilizado retorna al suelo ya que después de la eliminación de las hierbas se dejan en el terreno como mantillo, retornando los nutrientes posteriormente debido al proceso de descomposición. Es por ello que el control del estrato herbáceo en el cultivo debe practicarse tomando en cuenta lo antes expuesto.

Cualesquiera que sean las condiciones del cultivo del café, sombreado o no, hay una producción más o menos continua de hojarasca, en general, mayor en cafetales bajo sombra por el aporte de los árboles sombreantes. La producción de hojarasca y su consecuente acumulación en la superficie del suelo, se convierte en una fuente de nutrientes, que son liberados al suelo con su descomposición. Cuantificando la producción de materia orgánica de un bosque caducifolio y diferentes tipos de cafetal (mixto, sombreado, sol), Jiménez-Avila (1982) determinó que no existían diferencias significativas entre la cantidad anual producida por el bosque y los cafetales sombreados, pero sí cuando se compara con el cultivo al sol. Algunos estudios realizados del balance del nitrógeno en cafetales con o sin sombrero, demuestran que la incorporación de nitrógeno a través de la hojarasca, es mayor a la salida por la recolección de los frutos (Aranguren, 1979; Aranguren y col., 1982; Fassbender y col., 1985).

En general, dentro de las perspectivas ecológicas para los sistemas agrícolas a nivel mundial la implantación de prácticas conservacionistas a fin de disminuir el deterioro del agroecosistema natural es el objetivo principal. Dado que los cafetales expuestos al sol son ecológicamente de mayor fragilidad los estudios enfocados hacia los aspectos ecológicos, aunado a los socio-económicos revisten gran importancia con el propósito de hacer el manejo del cultivo más eficiente sin alterar la estabilidad del ecosistema.

Es así como dada la importancia de este agroecosistema en la zona andina el Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales (CIELAT) desarrolló el proyecto ESTUDIO INTEGRADO DE LOS AGROECOSISTEMAS CAFETALEROS EN LOS PUEBLOS DEL SUR DE MERIDA, con el propósito de analizar y comprender la estructura, dinámica y limitantes socio-económicos de estos sistemas en las montañas tropicales.

El presente trabajo como parte de este proyecto donde se analizan otros componentes del agroecosistema tiene como objetivo determinar el contenido y la dinámica del nitrógeno en diferentes compartimientos de la fitomasa y en el fertilizante en un cultivo de café de sol.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. SELECCION Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El área experimental está ubicada en una finca en Canaguá, Edo. Mérida, en el sector Río Arriba, en las laderas de la margen izquierda del río Canaguá, a 1700 m de altitud.

Es una zona con un promedio anual de precipitación de 1344 mm, con un régimen biestacional bien marcado un período seco de 4 meses que va de diciembre a marzo y otro lluvioso de abril a noviembre y una temperatura media anual de 18.5 °C (Figura 1).

En el año que se realizó la experiencia (91-92) se observa que los meses más secos con menos de 100 mm corresponden a diciembre, enero, febrero y marzo; el mes de mayor precipitación fue agosto con 394.2 mm (Figura 2), (Ataroff, datos no publicados).

El sitio de estudio presenta un cafetal a total exposición solar con un área aproximada de 6000 m²; con una pendiente de 31°. Los suelos son úmbricos correspondientes a Typic humitropet franco esqueletico (Ataroff, 1990).

El cafetal tiene arbustos de *Coffea arabica* var. *bourbon* y var. *caturra* de 7 años de edad, generalmente sembradas de a pares aunque puede estar plantado un solo individuo ó hasta

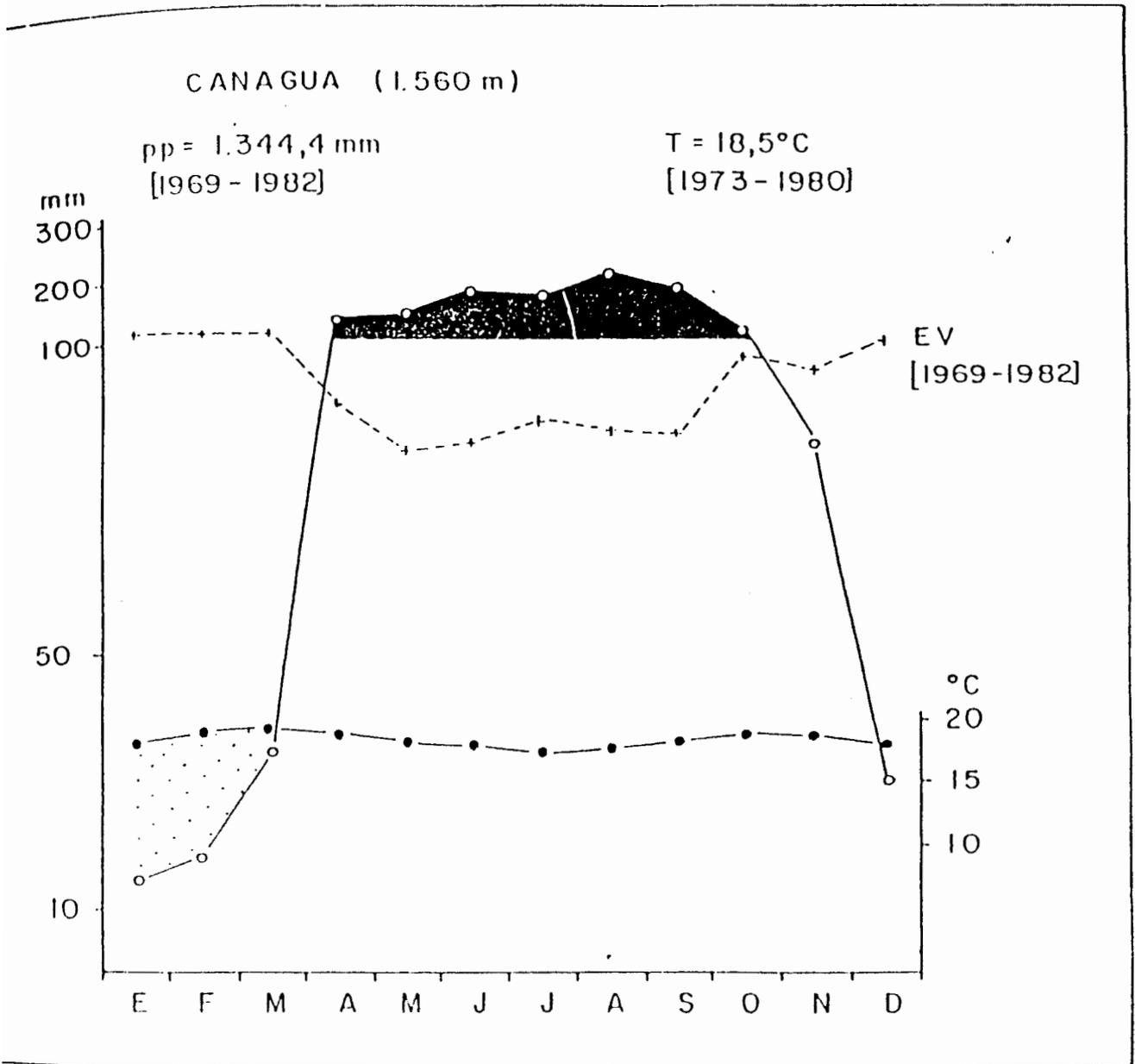


FIGURA 1. Climadiagrama tipo Gausson de la Estación Canaguá.
 Línea punteada: Evaporación, Tina A.
 (Tomado de Ataroff, 1990)

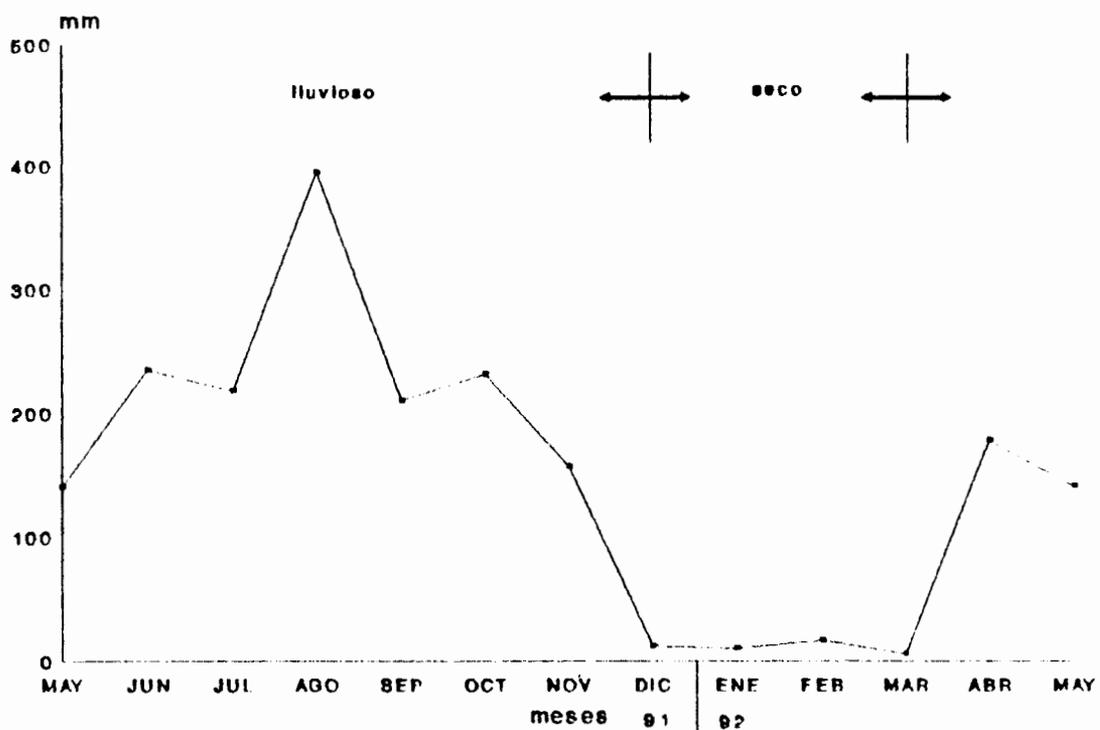


Figura 2 Precipitación Total en el Area de Estudio.

tres juntos; con una densidad de 0.31 plantas/m². La variedad *bourbon* es una mutación recesiva originaria de la Isla de Reunión de tamaño más reducido que *C. arabica* típica, pero con una vegetación más densa, la variedad *caturra* es una mutación de *C. arabica* L. var. *bourbon* de Brasil. Es un arbusto bajo, con menos de 2 m, hojas abundantes y entrenudos cortos (Coste, 1969). También se encuentran dentro del cultivo algunas plantas de *Musa sp.* (cambur) con una densidad de 0.005 plantas/m² y una escasa cobertura de gramíneas, helechos y ciperáceas. De las pocas plantas de cambur que forman parte de la parcela de cultivo, los frutos no son cosechados para ser comercializados.

El cultivo está bajo manejo de abonamiento, poda y desmalezamiento (ver Figura 6). La aplicación del fertilizante se hace en forma circular alrededor del tronco de la planta a una distancia de aproximadamente 20 cm de éste. Durante el período de muestreo el fertilizante utilizado fue la úrea. La eliminación de las malezas se realizó en forma manual, es decir, utilizando machete y garabato. La poda de los cafetos no se llevó a cabo en el lapso de estudio.

2.2. TOMA DE MUESTRAS

Se realizaron dos tipos de muestreo: 1) cada 15 días y 2) en cuatro épocas diferentes del año (Figura 3). Los muestreos efectuados cada 15 días se mezclaron de tal manera que los resultados se presentan como datos mensuales correspondientes

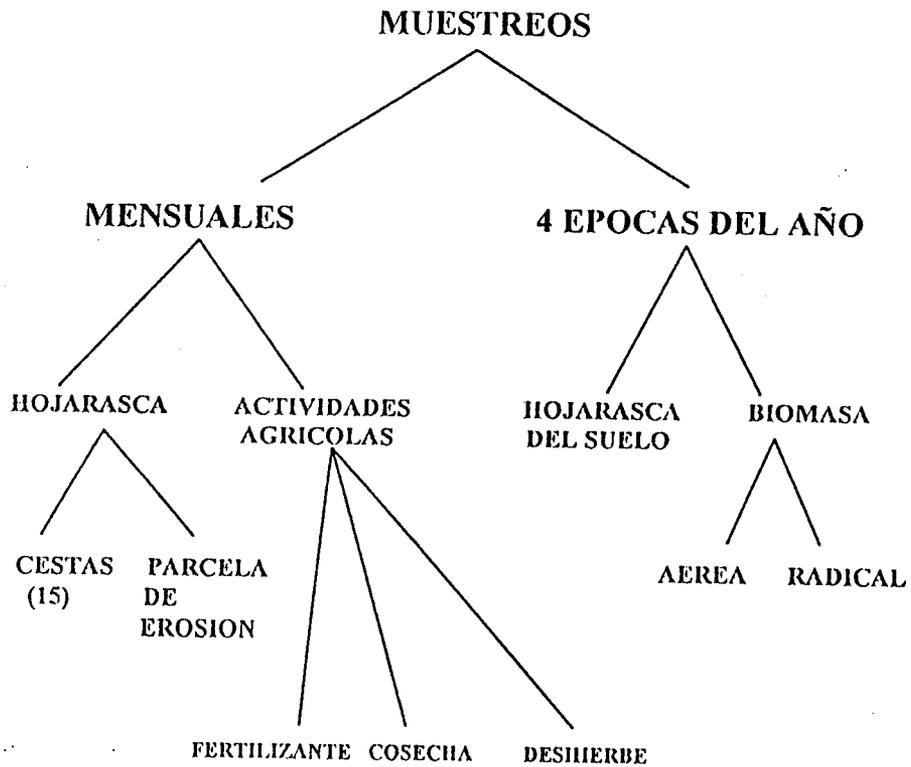


Figura 3. Esquema de los muestreos realizados en el periodo de estudio (Abril 91 - Mayo 92).

a los compartimientos: hojarasca caída y hojarasca arrastrada. Los muestreos de las actividades agrícolas: cosecha, fertilización y deshierbe, en los periodos que fueron realizados por el agricultor. Los muestreos de biomasa aérea y subterránea del café, cambur y otras especies y de la hojarasca del suelo se realizaron en cuatro épocas del año según el régimen de precipitación y fenología de las especies (figuras 2 y 4), tal como se describe a continuación:

a) Julio 91. Periodo lluvioso. Desarrollo de hojas y frutos de café, y otras especies.

b) Noviembre 91. Disminución de las lluvias. Cuando los frutos de café están llegando a su madurez.

c) Febrero 92. Mínimo de precipitación. Caída de las hojas de café y fin de la cosecha.

d) Mayo 92. Comienzo de las lluvias. Los cafetos están en flor y produciendo hojas nuevas.

En ambos tipos de muestreos se determinó el peso seco y cantidad de nitrógeno en los compartimientos y sus respectivos subcompartimientos.

2.2.1. Hojarasca

a) Hojarasca Interceptada

Para la recolección de la hojarasca caída del dosel se utilizaron cestas interceptoras hechas con un anillo de hierro

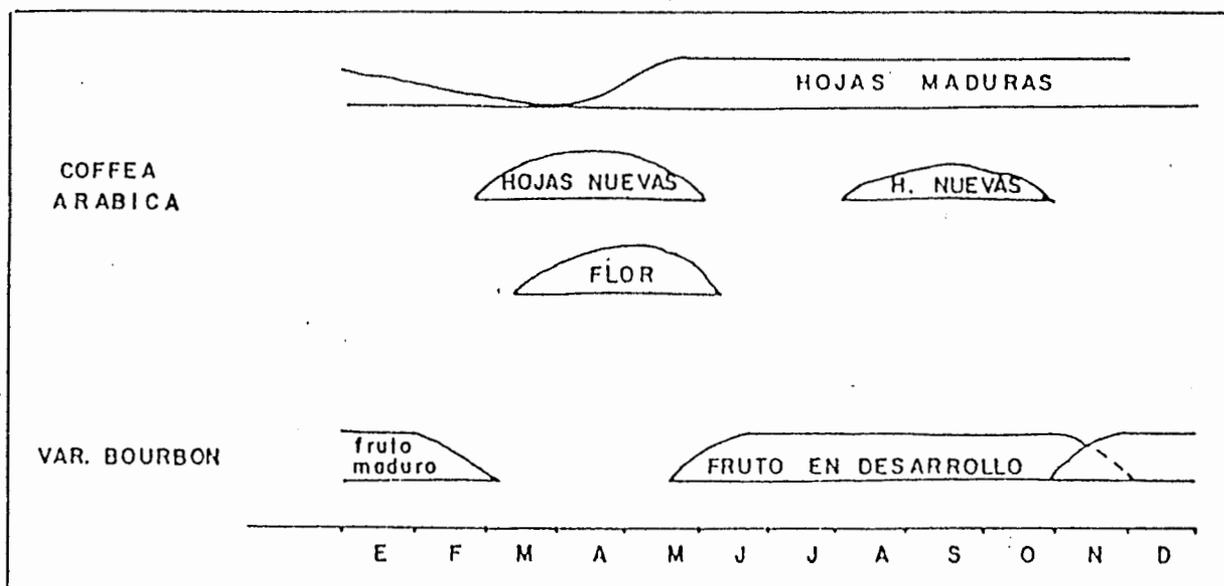


Figura 4. Fenología del café.
 (Tomado de Ataroff, 1990).

levantado unos 20 cm del suelo, con 33 cm de diámetro, con una bolsa de tul de nylon, en número de 15 dispuestas en un área de 11 x 11 m, a cielo abierto, en el borde de cafeto y bajo cafeto (Figura 5a).

b) Hojarasca Arrastrada

La cantidad de hojarasca que pierde el sistema por erosión se cuantificó a través de una parcela de erosión de 6.0 x 2.0 m. El lado mayor ubicado en el sentido de la pendiente, la hojarasca se recolectó por medio de un canal que posee la parcela de erosión (Figura 5b).

c) Hojarasca del Suelo

Se tomó un área al azar dentro del cafetal para el muestreo de la hojarasca del suelo de 1.25 x 0.50 m (0.625 m²) y se dividió en 10 cuadrados de 0.25 x 0.25 m cada uno, dispuestos en serie de cinco cada una, recogién dose toda la hojarasca contenida en cada cuadrado.

d) Separación del Material

La hojarasca colectada en cada uno de los muestreos antes mencionados se separó en el laboratorio de acuerdo a los siguientes subcompartimientos:

- a. Ramas de café.

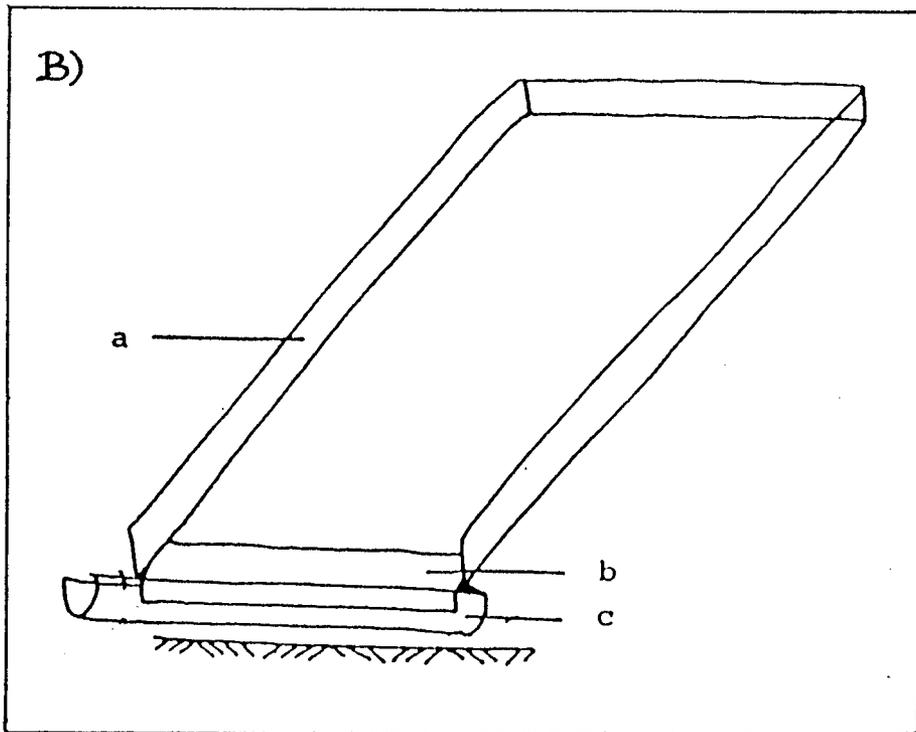
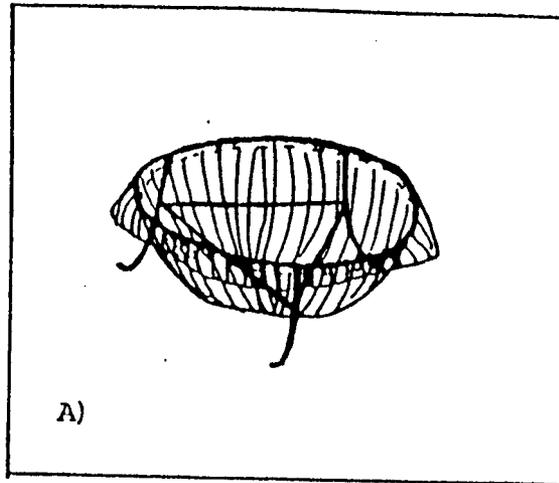


Figura 5. A) Colector de hojarasca.
 B) Esquema de la parcela de erosión:
 a.- Bordes de acerlit.
 b.- Plástico de deslizamiento.
 c.- Canal.
 (Tomado de Ataróff, 1990).

- b. Hojas de café.
- c. Flores de café.
- d. Frutos de café.
- e. Otros: Ramas, hojas, flores y frutos de otras especies.
- f. Fracción no identificable.

2.2.2. Biomasa

a) Biomasa Aérea. (café y cambur)

Se tomaron dos plantas de café de la parcela de cultivo en cada período de muestreo. La biomasa en pie se determinó mediante el método de cosecha total. El cual consiste en la remoción completa de todas las partes de la planta y su poda a ras del suelo. Se registró la altura de la planta desde la base hasta la punta del tallo y el diámetro del tronco a la altura del pecho (\approx 1.30 m).

También se eligieron de la parcela de cultivo dos plantas de cambur para cada muestreo y se estimó su biomasa aérea mediante el método de correlaciones (Jiménez - Avila & Martínez, 1979). Para lo cual se tomaron muestras de hojas (lámina + pecíolo); el pecíolo se midió a partir del punto de unión con el pseudotallo y con la lámina foliar. Las hojas se escogieron de diferentes edades: joven, madura y senescente, se les midió la longitud y el ancho máximo. Se recolectaron muestras de

fruto y de toda la inflorescencia, contándose el número de manos por racimo. Las plantas de cambur crecen en forma de macolla formando generalmente una elipse, de la cual se registró el radio mayor y menor de la macolla y la altura del pseudotallo, medido desde la base hasta el nivel de implantación del pecíolo de la primera hoja, este último se midió para una sola planta representativa de la macolla.

b) Biomasa Subterránea

La biomasa de raíces se estimó con el mismo método para las especies de café y cambur. Se utilizaron monolitos de 8.0 cm de diámetro colocados a una distancia de 20 cm del tronco en direcciones Norte y Sur en sentido de la pendiente del terreno. Los monolitos se tomaron a dos profundidades de (0 - 10) cm y de (10 - 20) cm. Se hizo una muestra compuesta para cada nivel de profundidad, de tal forma que se obtuvieron 2 muestras por cada planta.

c) Otras Especies

Para determinar la biomasa total de las malezas (gramíneas, helechos, etc.) se tomó un área al azar (la misma donde se tomaron las muestras de hojarasca) dentro de la parcela de cultivo dividida en 10 cuadros de 0.25 x 0.25 m cada uno dispuestos en dos series de cinco cuadros totalizando un área de 1.25 x 0.50 m (0.625 m²), removiéndose tanto la parte aérea

y radical de todas las plantas en cada cuadrícula.

d) Separación del Material

El material vegetal de los compartimientos biomasa aérea y radical recolectado de las plantas de café, cambur y las hierbas, se separó en el laboratorio en sus respectivos subcompartimientos tal como se describe a continuación:

Café

- a. Hojas jóvenes,
- b. Hojas maduras,
- c. Hojas senescentes.
- d. Tallos.
- e. Ramas.
- f. Frutos verdes,
- g. Frutos maduros,
- h. Frutos senescentes.
- i. Flores.
- j. Raíces (0-10)cm.
- k. Raíces (10-20)cm.

Cambur

- l. Hojas verdes,
- m. Hojas maduras,

- n. Hojas secas.
- o. Frutos.
- p. Inflorescencia.
- q. Raíces (0-10)cm.
- r. Raíces (10-20)cm.

Otras especies

- s. Vástagos.
- t. Raíces.

2.2.3. Deshierbe

Para evaluar el aporte de nitrógeno producto del deshierbe efectuado en el cultivo en agosto 91 (figura 6) se recolectaron todas las hierbas producto de la "limpia" en un área de 1 m².

2.2.4. Cosecha

Se recolectaron todos los frutos maduros durante el tiempo de cosecha de las plantas de café que se encontraban dentro de la parcela de erosión para determinar la cantidad total de la cosecha (Figura 6).

2.2.5. Fertilización

Se tomó una muestra de la cantidad de urea que el agricul-

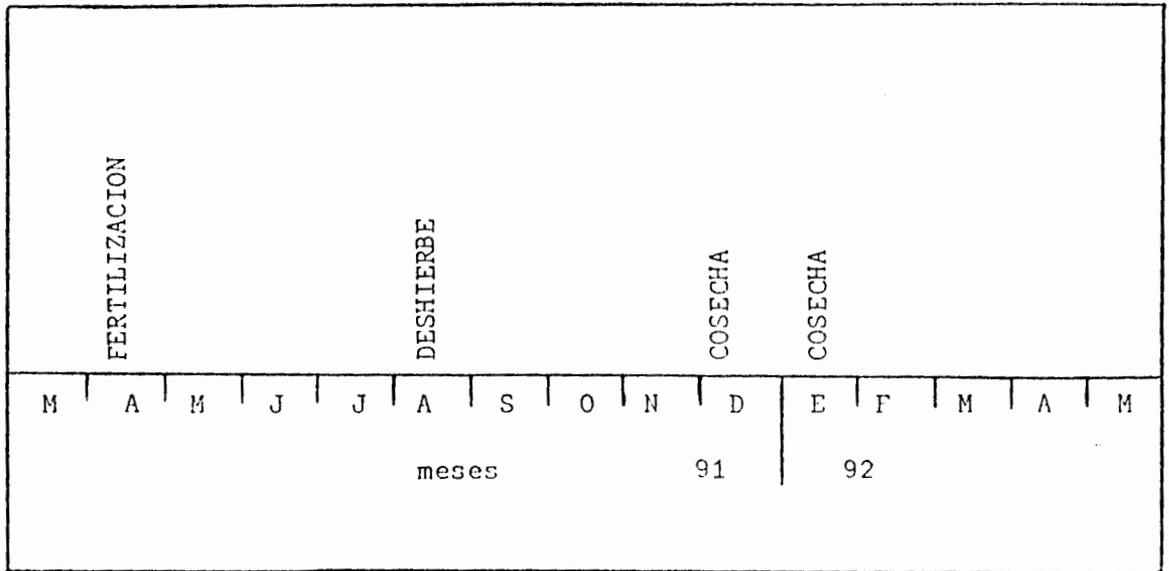


Figura 6. Calendario agrícola.

tor añadió a cada planta, en el periodo de abonado de la parcela de cultivo (abril 91).

2.3. PROCESAMIENTO DEL MATERIAL

Para separar las raíces se lavaron todas las muestras en un tamiz N° 40 (425 μ m). Luego todo el material separado se secó en estufa a 60-80 °C por aproximadamente 48 horas (hasta peso constante). Se pesó para obtener el peso seco y posteriormente se molió cada subcompartimiento por separado para realizar los análisis químicos.

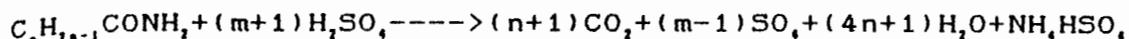
2.4. ANALISIS QUIMICO

Para determinar la cantidad de nitrógeno presente en las muestras se utilizó el método micro-Kjeldhal (Muller, 1961). A través de esta metodología el nitrógeno orgánico es convertido en amonio (Allen, 1974).

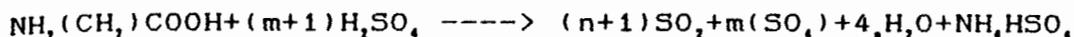
Para la obtención del nitrógeno se realizó una digestión con una muestra de material vegetal de 100.0 mg con 2.5 ml de solución digestora. La solución para la digestión se obtuvo disolviendo en 1 lt de H₂SO₄ concentrado (peso específico 1.84), 25 g de Sulfato de K, 10 g de Sulfato de Cu, 5 g de Selenito de Na y 10 g de Oxido de Hg, con agitación constante. De esta forma el nitrógeno orgánico se convierte a la forma inorgánica como sulfato de amonio (NH₄HSO₄). La descomposición de compues-

tos orgánicos nitrogenados como las aminas y aminoácidos, ocurre de acuerdo a las siguientes reacciones:

Aminas:



Aminoácidos:



Donde n= número de átomos de carbono en todos los grupos y m= suma del número de átomos de carbono e hidrógeno en todos los grupos (Acevedo, 1994).

En la etapa de destilación la muestra digerida se hizo reaccionar con 10 ml de una solución saturada de NaOH para producir la liberación del amoníaco presente en la sal del sulfato de amonio, el cual es atrapado en una trampa con ácido bórico y se tituló con ácido sulfúrico 0,0100 N para medir el nitrógeno de la muestra.

Se hicieron tres réplicas para cada muestra de subcompartimiento, luego de realizados los ensayos químicos se procedió a calcular la concentración de nitrógeno en mgN/mg peso seco de la muestra utilizando la siguiente fórmula:

$$[N] = ((V_{ac} - V_b) \times PMN \times N_{ac}) / \text{mg muestra}$$

[N]= Concentración de nitrógeno (mgN/mg peso seco).

V_{ac} = Volumen de ácido titulado (ml).

V_b = Volumen del blanco, sin material vegetal (ml).

PMN = Peso molecular del nitrógeno = 14.01.

N_{ac} = Normalidad del ácido titulado.

mg muestra = Cantidad de muestra analizada (mg).

3. RESULTADOS

3.1. BIOMASA

3.1.1. Biomasa Aérea

a) Café

El café tiene variaciones en su biomasa aérea a lo largo del año debido a los cambios fenológicos en las distintas estaciones y tal como lo señala Santos Barrios & Maestri (1972) esta periodicidad está determinada por las condiciones climáticas, por ende para dar un estimado global de la biomasa aérea es necesario considerar como afectan esos cambios. Con este propósito se midió la biomasa de plantas de café en cuatro momentos distintos del año, cuyos resultados se encuentran en la Tabla I. Es notable que los pesos absolutos de cada subcompartimiento varían mucho de un individuo a otro en el mismo cafetal, sin embargo las proporciones son similares (valores entre paréntesis), por lo cual para obtener el estimado de biomasa anual de cada subcompartimiento (Tabla II) se calculó un promedio de biomasa de todas las plantas muestreadas y se estimó la biomasa de cada uno sacando la proporción correspondiente, con excepción de los frutos que se estimaron de acuerdo a los valores obtenidos en el periodo de cosecha.

Según estos resultados la biomasa aérea total estimada es de 18079 Kg.ha⁻¹, siendo los frutos los que poseen la mayor

TABLA I. Peso seco (Kg/planta) en los diferentes subcompartimientos de la biomasa aérea de plantas de café en la parcela de cultivo. Canaguá, Edo. Mérida. Entre paréntesis porcentaje con relación al total.

MES	N	TALLOS	RAMAS	HOJAS	FRUTO	FLOR	TOTAL
Julio 91	1	1.1629 (54.3)	0.600 (26.8)	0.35766 (16.0)	0.06636 (2.9)	0 [66.9]*	2.24031 [33.0]
	2	0.8044 (34.2)	0.700 (29.8)	0.68784 (29.2)	0.15932 (6.8)	0 [53.5]	2.35156 [46.5]
Noviembre 91	3	4.000 (60.8)	1.300 (19.8)	0.64652 (9.8)	0.63052 (9.6)	0 [75.5]	6.57704 [24.5]
	4	2.025 (51.0)	0.600 (15.1)	0.3288 (8.3)	1.01853 (25.6)	0 [77.1]	3.97233 [22.8]
Febrero 92	5	1.100 (37.0) [43.8]	0.857 (28.9)	0.9012 (30.3)	0.08558 (2.9)	0.025 (0.8)	2.66886 [56.2]
	6	1.200 (52.2) [19.3]	0.286 (12.4)	0.76492 (33.3)	0.03427 (1.5)	0.0142 (0.6)	2.29977 [80.7]
Mayo 92	7	0.600 (59.0)	0.181 (17.8)	0.2298 (22.6)	0.00626 (0.6)	0 [76.8]	1.01700 [23.1]
	8	3.200 (44.1)	2.014 (27.7)	1.91416 (26.4)	0.12964 (1.8)	0 [61.4]	7.25796 [38.6]

* Porcentaje con respecto a la parte leñosa.

TABLA II. Biomasa aérea de los diferentes subcompartimientos de plantas de café. Canaguá, Edo. Mérida. Densidad: 3100 plantas.ha⁻¹

SUBCOMPARTIMIENTO	Kg.ha ⁻¹
Tallos	5482
Ramas	2525
Hojas	3909
Frutos	6075
Flor	88
TOTAL	18079

biomasa.

Es difícil establecer comparaciones de la cantidad de material vegetal producida por el café en sistemas agrícolas con resultados de otros trabajos (Tabla III) tomando en cuenta que los mismos presentan variables ecológicas y de manejo muy distintas a las de la parcela en estudio, por consiguiente los valores van a estar influenciados principalmente por estas variables.

Comparando con la bibliografía también hay ciertas diferencias en los montos totales de cada uno de los componentes de la parte aérea de las plantas de café. En una plantación de sol se ha encontrado que la mayor proporción corresponde a las ramas, seguida de los frutos, tallos y hojas (Navidad, 1987) dado que son datos obtenidos de un sólo muestreo al año, los resultados dependen del período en que éste se llevó a cabo; Cannell (1971) obtuvo del peso seco total de cafetos de dos años sin flores el 37,9% para las hojas, 30,3% para las ramas y los troncos con 18,7%. Aranguren (1979) en un cultivo mixto determinó una mayor contribución de las ramas, en orden decreciente los tallos y las hojas y cantidades muy pequeñas de flores y frutos, dado que en la época del año cuando se realizó el muestreo no había un total desarrollo ni de flores, ni de frutos.

La Figura 7 muestra el comportamiento de los distintos subcompartmentos de la biomasa aérea durante el año de

TABLA III.

Comparación de la biomasa aérea en diferentes tipos de cultivares de café. En Kg.ha⁻¹

UBICACION	TIPO DE CULTIVO	DENSIDAD (pl/ha)	BIOMASA AEREA [*]	AUTOR
Kenya	sol	---	13600	Cannell, 1971
México	mixto	3600	16713	Golberg & Jiménez, 1982
Venezuela	mixto	6464	405400	Aranguren y col., 1982
Costa Rica	sombra	5000	78500 ¹	Alpizar y col., 1985
Costa Rica	sombra	5000	153000 ²	"
Venezuela	sol	6031	442100	Navidad, 1987
Venezuela	sol	3100	12004	Este estudio

* sin frutos

¹ *Cordia alliodora*

² *Erythrina poeppigiana*

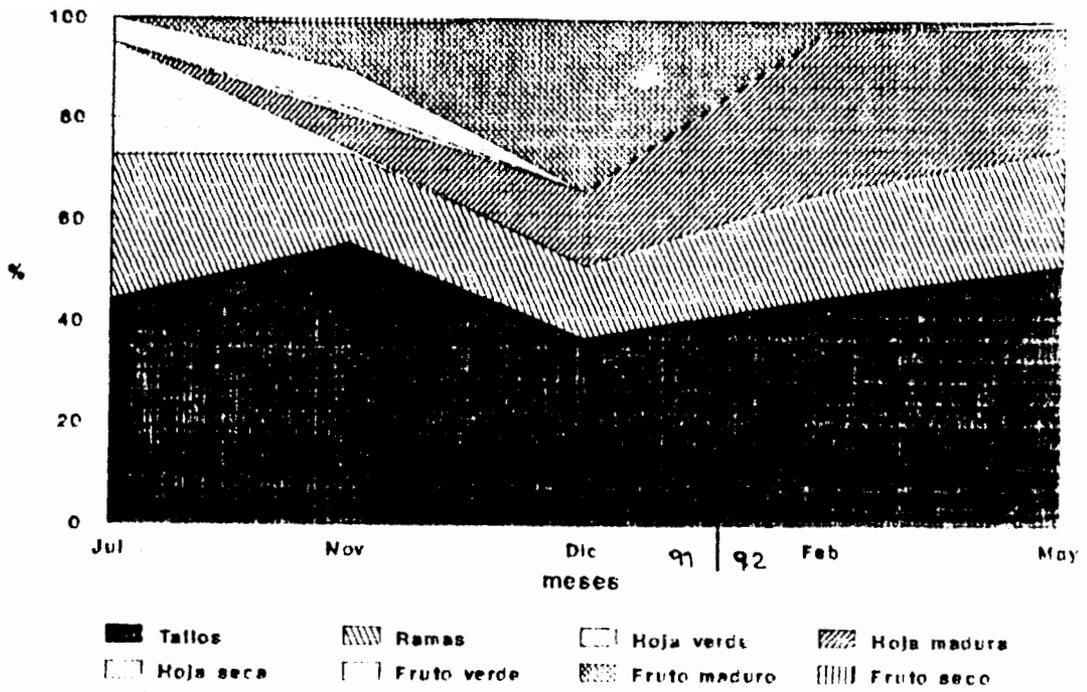


Figura 7. Proporción del peso seco (%) de los subcomponentes de la biomasa aérea de plantas de café.

muestreo; las proporciones correspondientes al mes de diciembre se estimaron con el objeto de mostrar el comportamiento durante la época de cosecha. Los tallos tienen una alta proporción de biomasa durante todo el año, no así las ramas, este hecho parece producirse por la falta de una poda más continua de las plantas de café, la última poda para éste cafetal se registró en noviembre de 1989 (Ataroff, 1994). La mayor proporción de hojas verdes ocurre en plena época lluviosa, completando su desarrollo en el período seco cuando ya están maduras; cabe mencionar que sólo se encontraron hojas senescentes en el mes de noviembre al igual que los frutos secos.

Los frutos maduros tienen la más alta proporción en el mes de diciembre (período de cosecha). Las flores se recolectaron únicamente para los cafetos muestreados en febrero, correspondiente a la época de floración, como éstas tienen una proporción muy baja (1,3%) no se incluyeron en la gráfica.

La cantidad total de nitrógeno en la biomasa aérea de café, calculada en base a los valores de la Tabla II fue de 326 KgN.ha⁻¹ (Tabla IV). Comparando con lo referido por otros autores (Tabla III) aún cuando los cafetos sombreados producen mayor biomasa el nitrógeno total de ésta es bastante bajo cosa que no sucede en cafetales expuestos al sol (Aranguren, 1979; Alpizar y col., 1985; Navidad, 1987).

En cada subcompartimiento se encuentra una cantidad de

TABLA IV. Cantidad de Nitrógeno en los diferentes subcompartimientos de la biomasa aérea de plantas de café. Canaguá, Edo. Mérida.

SUBCOMPARTIMIENTO	KgN.ha ⁻¹
Tallos	32
Ramas	33
Hojas	113
Frutos	146
Flor	2
TOTAL	326

nitrógeno KgN.ha^{-1} tal como sigue: 146 (frutos) > 113 (hojas) > 33 (ramas) > 32 (tallos) > 2 (flores). Navidad (1987) encontró la mayor cantidad de este elemento en las ramas, seguido de los frutos y las hojas, con un total de $705.8 \text{ KgN.ha}^{-1}$; resultados que poseen el mismo orden de la biomasa, a excepción de los tallos por su baja concentración de nitrógeno.

La Figura 8 muestra la distribución del nitrógeno en cada uno de los subcompartimientos en distintos períodos del año. Es notable que existe una mayor proporción de nitrógeno en las hojas y los frutos. Las hojas verdes aunque no se encuentran en mayor proporción (Figura 7) poseen una gran cantidad de nitrógeno al igual que los frutos verdes, como se discutirá en el próximo párrafo dada su alta concentración de nitrógeno. En el período de cosecha una gran proporción de nitrógeno se encuentra en los frutos maduros.

Los valores de concentración de nitrógeno (mgN/mg peso seco) de los subcompartimientos de la biomasa aérea (Tabla V) muestran una gran variabilidad en las distintas épocas del año. En general, la menor concentración de nitrógeno es para los tallos y la máxima en el tejido foliar joven y en los frutos recién formados. Estos resultados son muy similares a los encontrados para otro cafetal de sol, donde las hojas contienen la mayor concentración con $0,0246 \text{ mgN/mg}$ peso seco y la más baja es para los tallos con $0,0056 \text{ mgN/mg}$ peso seco (Navidad, 1987). Cabe destacar que la más baja concentración en lo que se

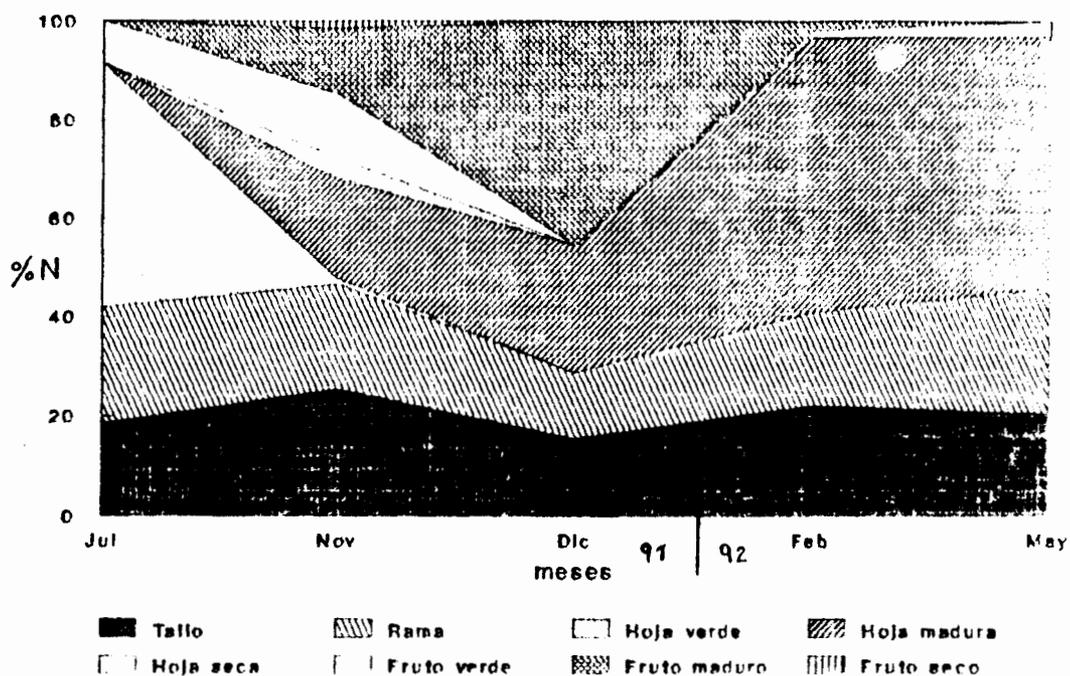


Figura 8. Proporción de Nitrógeno (%N) de los subcompartimientos de la biomasa aérea de las plantas de café.

TABLA V. Concentración de nitrógeno (mgN/mg peso seco) en los diferentes subcompartimientos de la biomasa aérea de plantas de café. Canaguá, Edo. Mérida. Entre paréntesis. Error estándar $\times 10^{-4}$, n= 0.6

MES	TALLOS RAMAS		HOJAS			FRUTOS			FLOR
			V	M	S'	V	M	S	
Julio 91	.0071 (0.69)	.0142 (3.33)	.0394 (9.02)	--	--	.0310 (3.24)	--	--	--
Noviemb 91	.0046 (3.89)	.0122 (17.4)	.0256 (2.04)	.0282 (16.7)	.0253 (22.7)	.0189 (20.0)	.0186 (21.0)	.0158 (0.41)	--
Febrero 92	.0071 (3.21)	.0133 (2.27)	--	.0252 (1.58)	--	.0190 (3.37)	.0174 (5.87)	--	.0231 (1.53)
Mayo 92	.0046 (1.43)	.0135 (13.5)	--	.0243 (2.75)	--	.0290 (2.86)	--	--	--

V= verde, M= madura y S= senescente.

refiere a las hojas se presenta a comienzos de la estación lluviosa (mayo 92) con 0,0243 mgN/mg peso seco en hojas maduras, en contraste las hojas senescentes muestreadas en noviembre que tienen una concentración ligeramente mayor, aún cuando es bien conocido que los niveles de éste mineral desciende con la edad de la hoja. Todo parece ser resultado de la alta variabilidad en los resultados para el mes de noviembre dado el alto valor del error estándar; o bien gran parte del nitrógeno se encuentra a nivel de los frutos (mayo 92), tal como lo demuestran los ensayos realizados por Huerta (1964) como consecuencia del transporte de nutrimentos (incluyendo el nitrógeno) hacia los frutos en crecimiento, el nivel de nitrógeno foliar desciende.

La concentración de nitrógeno en los frutos tiende a disminuir a medida que estos maduran, dando el aumento de tamaño del fruto la cantidad de nitrógeno por peso seco parece disminuir.

b) Cambur

Las musaceas se cultivan en una amplia variedad de climas, desde tropicales húmedos hasta subtropicales secos y no prosperan en zonas donde la temperatura disminuye por debajo de los 15 °C ó donde la precipitación anual es menor a 2000 mm (Tai, 1977), mientras que Simmonds (1973) señala una precipitación promedio al año de 1250 mm. Las plantas de cambur requie-

ren de ciertas condiciones ecológicas para su buen desarrollo, tales como, temperatura atmosférica de 27 °C, expuestas totalmente a la luz, protegidas de los vientos, suelos profundos de alta fertilidad y buen drenaje y un pH de 6.5 - 7.0 (Tai, 1977).

La biomasa aérea para una densidad de 50 plantas/ha es de 4200.74 Kg.ha⁻¹ (Tabla VI). Para una densidad bastante mayor en un cafetal en México, 750 pl/ha, Golberg & Jiménez - Avila (1982) obtuvieron un total de peso seco de hojas y pseudotallos de plantas de plátano de 9975 Kg.ha⁻¹. En plantaciones de cambur de la variedad *robusta* Twyford & Walmsley (1973) encontraron valores de biomasa aérea total de 15479 Kg.ha⁻¹ (3025 plantas/ha) en plantas de 6 semanas de edad, para planta en periodos de cosecha obtuvieron los siguientes resultados: 13000 Kg.ha⁻¹ (2500 plantas/ha), 24672 Kg.ha⁻¹ (3000 plantas/ha) y 38012 Kg.ha⁻¹ (2500 plantas/ha).

El período de mayor biomasa ocurre en la estación lluviosa con 4728.05 Kg.ha⁻¹, tal como se señaló anteriormente estas plantas requieren de abundantes lluvias para su crecimiento. Dado que los cálculos para la biomasa de frutos hechos con la formula propuesta por Jiménez - Avila & Martínez (1979) produjeron valores muy bajos estos no fueron considerados para la discusión de los resultados.

La proporción en peso seco (Figura 9) de las diferentes

TABLA VI. Peso seco de los diferentes subcompartimientos de la biomasa aérea de *Musa sp.* en un cafetal de sol en Canaguá, Edo. Mérida. En Kg.ha⁻¹. Entre paréntesis Error estándar, n = 2.

MES	PSEUDOTALLO	HOJAS	INFLOR'	TOTAL
JULIO 91	63.43 (14.52)	4659.00	5.62 (--)**	4728.05
NOVIEMBRE 91	103.72 (6.17)	3947.25	0.93 (--)	4051.90
FEBRERO 92	398.89 (74.49)	3910.75	20.87 (9.87)	4330.51
MAYO 92	292.28 (56.48)	3399.75	0.55 (--)	3692.58

Biomasa aérea $\bar{x} = 4200.74 \pm 252.84 \text{ kg.ha}^{-1}$

' Inflorescencia

** n= 1

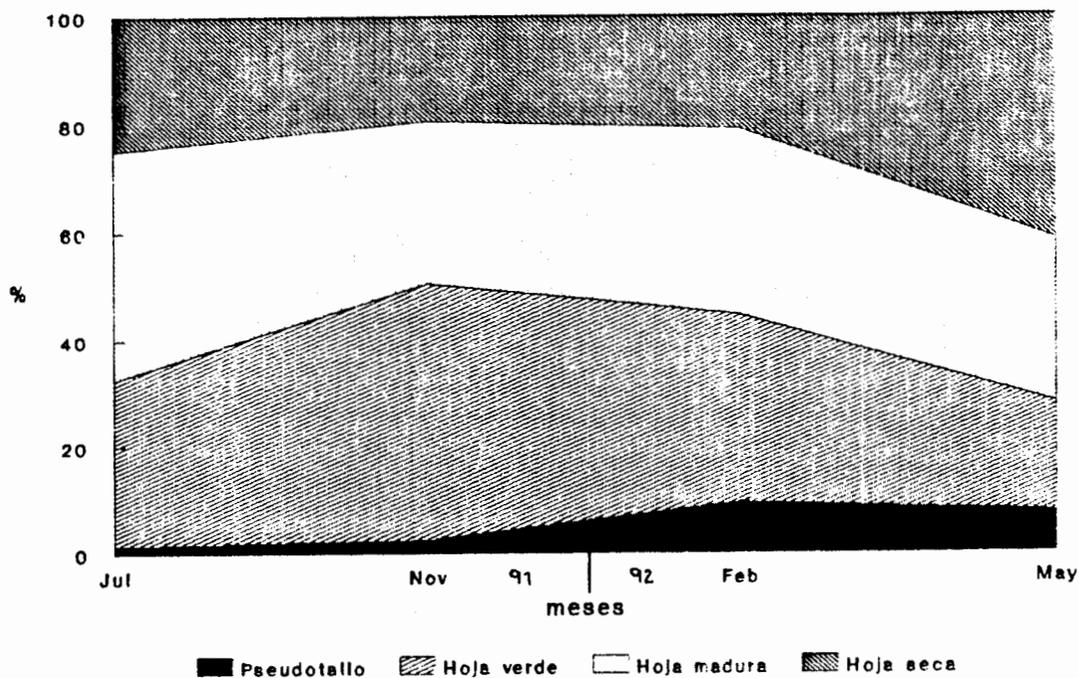


Figura 9. Proporción del peso seco (%) de los subcompartimientos estudiados de la bioasa aérea de plantas de cambur.

partes de la planta estudiadas muestra que los valores más altos corresponde a las hojas con respecto al pseudotallo, tal como lo señalan Norman y col. (1984); los valores para las inflorescencias no pudieron ser graficados por ser muy bajos. Los resultados muestran que hay una correlación negativa entre la biomasa del pseudotallo y las hojas, similar a lo señalado por Golberg & Jiménez - Avila (1982).

La proporción de las hojas varia en sus diferentes estadios a lo largo del año de acuerdo al siguiente patrón fenológico: una mayor cantidad de hojas verdes a finales de las lluvias, estando ya maduras en el período de sequía y secas a comienzo de la época lluviosa. De acuerdo con Stover (1974, cita de Norman y col., 1984), las musaceas producen aproximadamente una hoja por semana, con una vida promedio de 100 - 110 días.

El nitrógeno total (Tabla VII) en la biomasa aérea de cambur equivale a 68.07 KgN.ha⁻¹, con un máximo en julio de 83.34 KgN.ha⁻¹ (período de mayor biomasa) y un mínimo en mayo de 52.78 KgN.ha⁻¹. Twyford & Walmsley (1974b) en un estudio del contenido de nitrógeno en plantas de cambur de la variedad *robusta* en diferentes estadios obtuvieron los siguientes resultados: 164 KgN.ha⁻¹ (3025 pl/ha) y 135.5 KgN.ha⁻¹ (2500 pl/ha) en plantas con frutos inmaduros (6 semanas de edad); mientras en plantas en período de cosecha, 101.25 KgN.ha⁻¹ (2500 pl/ha) y 236.6 KgN.ha⁻¹ (3000 pl/ha). Los valores que señalan

TABLA VII.

Cantidad de Nitrógeno (KgN.ha⁻¹) en los diferentes subcompartimientos de la biomasa aérea de plantas de *Musa sp.* en un cafetal de sol. Canaguá, Edo. Mérida.

MES	HOJA VERDE	HOJA MADURA	HOJA SECA	INFLOR [*]	TOTAL
JULIO 91	32.21	39.62	11.30	0.12	83.25
NOVIEMBRE 91	41.64	19.58	8.56	0.02	69.80
FEBRERO 92	32.28	25.00	9.37	0.43	67.08
MAYO 92	18.08	23.72	10.37	0.01	52.18

$$\bar{x} = 68.07 \pm 7.35'' \text{ KgN.ha}^{-1}$$

* Inflorescencia

'' Error estándar.

los mencionados autores son bastante bajos en proporción a cada planta, de acuerdo con el de este estudio; todo parece explicarse dada que las plantas de cambur utilizadas por Twyford Walmsley (1974b) para la experiencia eran muy jóvenes. Datos recopilados por Simmonds (1973) en plantaciones de cambur exponen un valor medio de 209 KgN.ha⁻¹ y lo exportado por cosecha oscila entre 48 - 80 KgN.ha⁻¹.

La proporción de nitrógeno en los diferentes tipos de hojas de cambur se muestra en la Figura 10, las hojas verdes poseen la mayor proporción en casi todos los periodos, a excepción del mes de mayo donde la mayor cantidad de nitrógeno es de las hojas maduras, estos resultados están en estrecha relación con el peso seco.

En la concentración de nitrógeno (mgN/mg peso seco) en el tejido de las diferentes partes del vástago (Figura 11) no se observan cambios estacionales notables durante el lapso de estudio. Las hojas más jóvenes poseen la mayor cantidad de nitrógeno por peso en todas las épocas, le siguen las hojas maduras y con la más baja concentración las senescentes (Figura 11a). Excepcionalmente las hojas maduras presentan un pico (0,0198 mgN/mg peso seco) con un valor muy cercano al de las hojas verdes (0,0207 mgN/mg peso seco) en el mes de julio para luego descender y hacerse estables. Las experiencias realizadas por Ramírez y col. (1978) de análisis foliar también demostraron que no existía mucha variabilidad en la concentración en

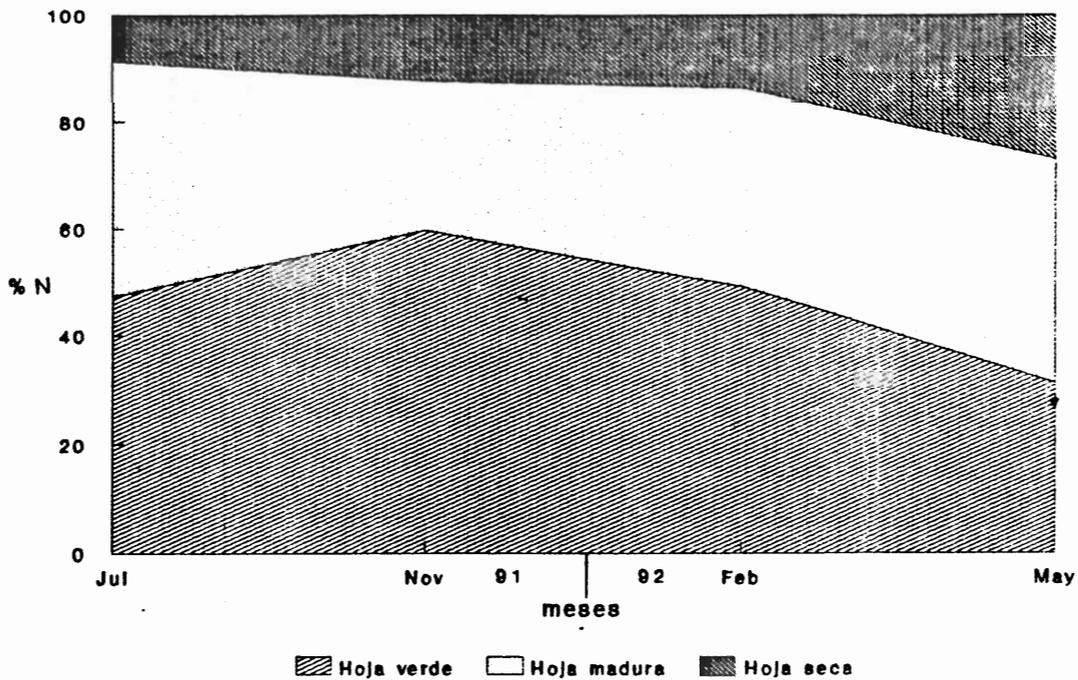


Figura 10. Proporción de Nitrógeno (%N) en hojas de plantas de cambur en diferentes estadios.

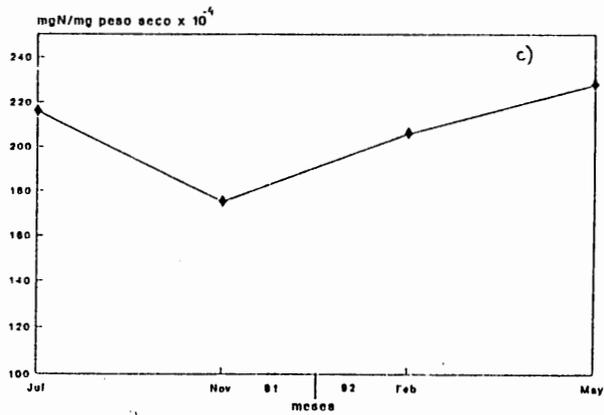
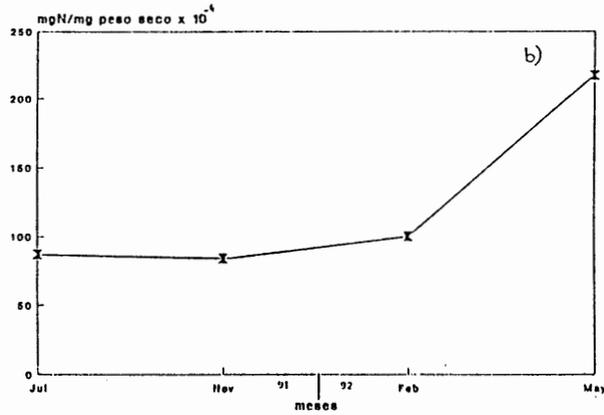
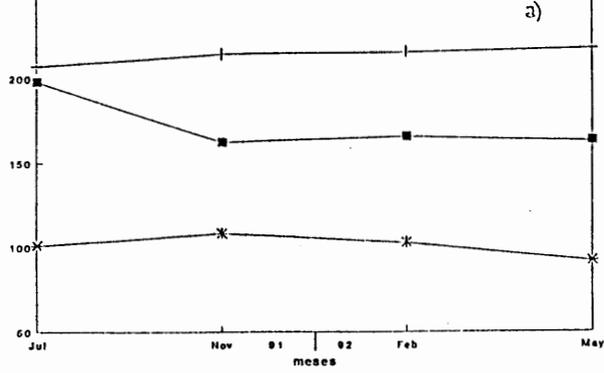


Figura 11.

Concentración de Nitrógeno (mgN/mg peso seco) de los subcompartmentos de la biomasa aérea de plantas de cambur.

- a) Hojas: + verde, ■ madura * senescente.
 b) Fruto.
 c) Inflorescencia.

los diferentes estadios de la planta. El más alto valor de concentración encontrado en el tejido foliar corresponde a 0,0219 mgN/mg peso seco (hojas verdes). En hojas de *Musa sp.* se han determinado valores de 0,0317 mgN/mg peso seco (Ramírez y col., 1978), 0,0260 y 0,0290 mgN/mg peso seco (datos recopilados por Simmonds, 1973) y de 0,0200 mgN/mg peso seco (Twyford & Walmsley, 1974a).

Analizando los resultados para los frutos (Figura 11b) la concentración de nitrógeno se mantiene alrededor de los 0,0100 mgN/mg peso seco entre julio y febrero, para incrementarse notablemente en mayo, dado que los frutos recolectados no estaban totalmente desarrollados. No se obtuvieron registros de concentración para frutos maduros porque no pudieron ser muestreados, generalmente éstos al madurarse se desprenden de la planta y caen al suelo. De acuerdo con Twyford & Walmsley (1974a), conforme avanza el estado de madurez el contenido de nitrógeno disminuye. Estos mismos autores determinaron 0,01 mgN/mg peso seco para los frutos, mientras los datos de Simmonds (1973) la concentración de nitrógeno está entre 0,005 y 0,012 mgN/mg peso seco.

A nivel de la inflorescencia se evidencia una mayor variabilidad en los valores de mgN/mg peso seco (Figura 11c), es mayor a comienzos de las lluvias con 0,0288 mgN/mg peso seco y más baja a finales de éstas. Valores muy similares entre 0,02 y 0,03 mgN/mg peso seco se registraron para la variedad *robusta*

(Twyford & Walmsley, 1974a).

3.1.2. Biomasa Subterránea

a) Café

El sistema radicular del cafeto consiste en un eje principal corto de 30 - 50 cm que sirve de anclaje de la planta al suelo. De él se originan ramificaciones laterales más o menos numerosas prolongadas en una red de raicillas. Estas exploran las capas superficiales del suelo, y su función es de nutrición mineral y absorción de agua.

La cantidad de raíces entre 0 - 20 cm de profundidad en los cuatro muestreos realizados se señalan en la Tabla VIII. Los resultados arrojaron una media anual de 651.40 Kg.ha⁻¹, donde la mayor cantidad se encuentra en los primeros 10 cm del suelo. Navidad (1987) en un cafetal a total exposición solar encontró 10471 ha Kg.ha⁻¹, con una densidad de plantas mucho mayor, concentradas también entre 0 - 10 cm de profundidad. Referencias de otros cultivos de café señalan los siguientes resultados: Aranguren (1979) obtuvo un total de 14622 Kg.ha⁻¹ hasta los 30 cm, Alpizar y col. (1985) entre 0 - 45 cm con árboles de *Cordia alliodora* encontraron 44900 Kg.ha⁻¹ y con *Erythrina poeppigiana* 26000 Kg.ha⁻¹, en todos los casos la densidad de los cafetos es mayor al de la parcela de estudio (Tabla III). De acuerdo con los resultados obtenidos por

TABLA VIII. Peso seco de la biomasa radical en plantas de café en un cultivo de sol. Canaguá, Edo. Mérida. Entre paréntesis Error estándar, n= 2.

MES	PROFUNDIDAD (cm)	BIOMASA Kg.ha ⁻¹	TOTAL Kg.ha ⁻¹
JULIO 91	0 - 10	502.80 (101.67)	737.49
	10 - 20	234.69 (10.65)	
NOVIEMBRE 91	0 - 10	200.74 (117.93)	336.12
	10 - 20	135.38 (---)*	
FEBRERO 92	0 - 10	425.95 (2.03)	729.77
	10 - 20	303.82 (17.56)	
MAYO 92	0 - 10	498.29 (398.77)	802.23
	10 - 20	303.94 (174.57)	

Biomasa radical $\bar{x} = 651.40 \pm 122.79^{**}$ Kg.ha⁻¹.año⁻¹

* n= 1

** Error Estándar, n= 4

Guiscafré - Arrillaga & Gómez (1942) en cafetos sombreados de 21 años de edad, el 94% de las raíces se encuentra en los primeros 30 cm del suelo, y el 72% de las raíces de absorción de agua y nutrientes se ubican a ésta misma profundidad.

En el cafetal estudiado se encontró una gran cantidad de raíces en casi todo los períodos del año a excepción del mes de noviembre, siendo el valor máximo a principios de las lluvias con 802.23 Kg.ha⁻¹. La dinámica de raíces durante el año parece tener relación con la humedad del suelo y la fenología del café. En plena estación de lluvia se produce un gran desarrollo de la biomasa radical, lo que probablemente permita absorber la mayor cantidad de agua y nutrientes para el normal desarrollo de las diferentes partes vegetativas. Conforme disminuyen las lluvias también disminuye la biomasa aérea, y el crecimiento de las raíces dado que éstas son dependientes de la actividad fotosintética del vástago (Brouwer, 1962). En general, se asume que si la superficie del suelo está demasiado seca no hay una gran formación de raíces, pero los resultados obtenidos muestran que en el período de sequía se produce un aumento en la biomasa radicular. Maestri & Santos Barros (1977) hacen referencia de trabajos realizados en Tanzania por otros autores donde los períodos de crecimiento activo de las raíces se produjeron en los períodos secos, atribuyéndose este resultado a una acumulación y producción de nitratos del suelo. O bien producto de una explotación de mayor volumen del suelo para absorción de agua y nutrientes.

En la Figura 12 se destaca que el nivel de 0-10 cm concentra la mayor proporción de raíces durante todo el año. A finales de la época de lluvias parece producirse una disminución en el crecimiento de las raíces y en pleno período de sequía las raíces comenzarían a desarrollarse, estando completamente formadas en plena estación lluviosa.

El contenido de nitrógeno en la biomasa radical es de 10.78 KgN.ha⁻¹ (Tabla IX). Navidad (1987) encontró un total de 195.46 KgN.ha⁻¹ para una biomasa mucho mayor. En el mes de noviembre los valores son bastante bajos y son máximos en febrero, aún cuando en éste momento no se haya alcanzado la mayor biomasa, pero sí la mayor concentración de nitrógeno (Figura 14). A través del tiempo de muestreo la cantidad de nitrógeno en la parte subterránea del café es mayor en los primeros 10 cm de profundidad (Figura 13).

El análisis de la concentración de nitrógeno en las raíces revela un aumento en la época de sequía (Figura 14) para ambas profundidades, lo cual confirma lo expuesto en párrafos anteriores sobre la fenología de las raíces, dado que se trata de raíces más jóvenes, en éste período se obtuvo para las raíces ubicadas entre 0 - 10 cm la cantidad de 0,022 mgN/mg peso seco y de 10-20 cm 0,0188 mgN/mg peso seco. Tal vez por ser raíces del mismo tipo, durante el resto de los meses de muestreo la concentración de nitrógeno para ambas profundidades es muy similar.

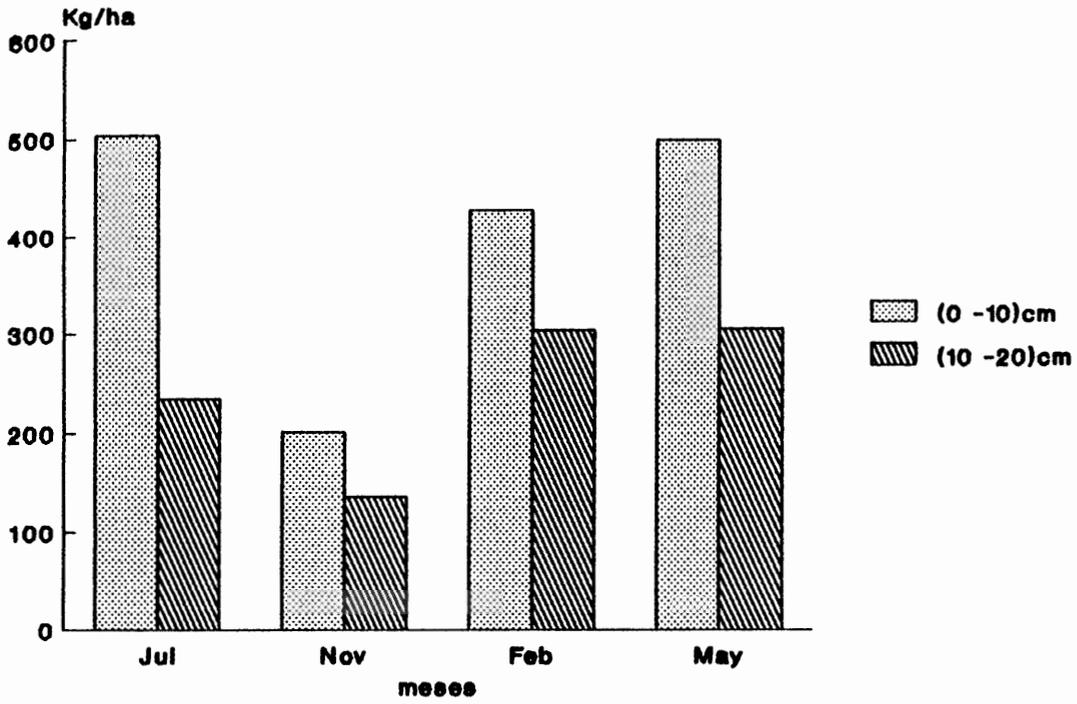


FIGURA 12. Biomasa radical de café (Kg/ha).

TABLA IX. Cantidad de nitrógeno en raíces de plantas de café en un cultivo de sol. Canaguá, Edo. Mérida.

MES	PROFUNDIDAD (cm)	KgN/ha	TOTAL
JULIO 91	0 - 10	6.79	10.05
	10 - 20	3.26	
NOVIEMBRE 91	0 - 10	3.54	6.20
	10 - 20	2.66	
FEBRERO 92	0 - 10	9.39	15.04
	10 - 20	5.65	
MAYO 92	0 - 10	8.50	11.85
	10 - 20	3.35	

$$\bar{x} = 10.78 \pm 2.13^* \text{ KgN.ha}^{-1}$$

* Error estándar.

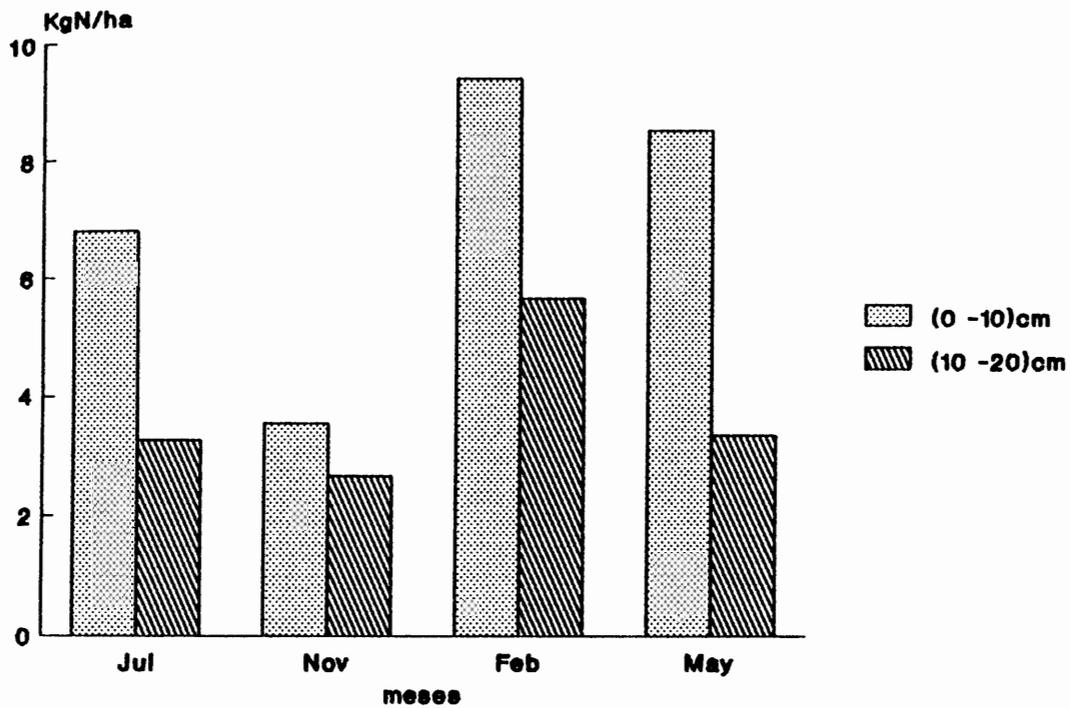


FIGURA 13. Cantidad de nitrógeno (KgN/ha) en raíces de plantas de café.

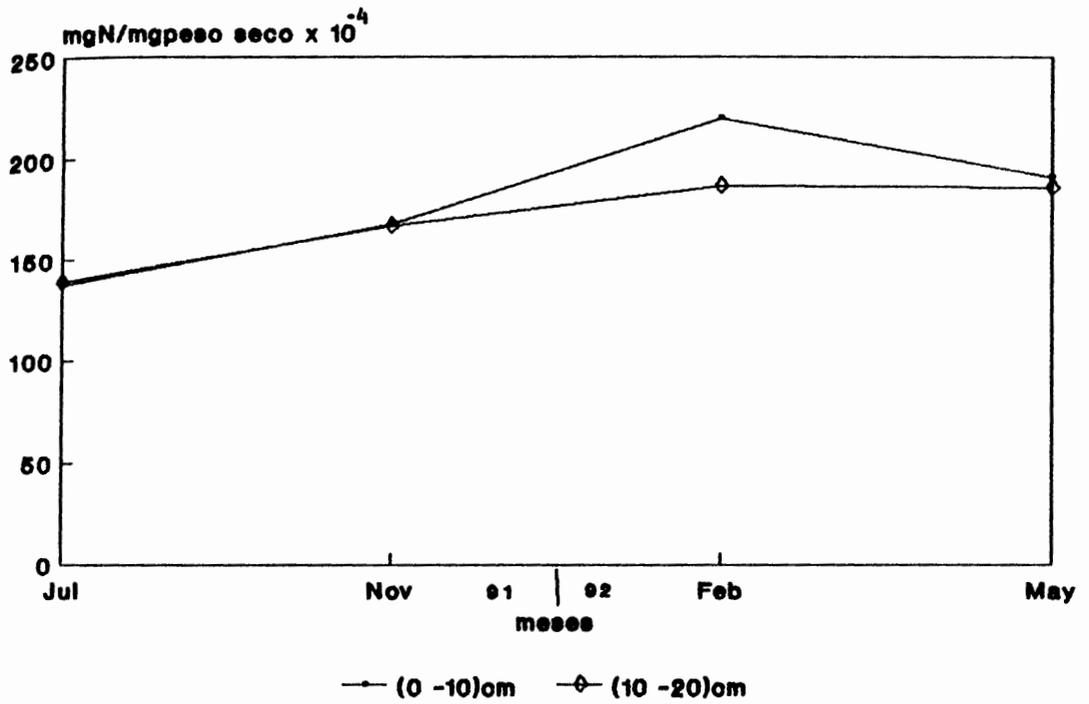


FIGURA 14. Concentración de N (mgN/mg peso seco) de raíces de plantas de café.

b) Cambur

En las musáceas la biomasa subterránea comprende un sistema radical más un rizoma. Las raíces adventicias son muy finas y se extienden lateralmente hasta unos 5.2 m de la planta y descienden hasta una profundidad de 75 cm.

La media de biomasa subterránea alcanzó un total de 10.39 Kg.ha⁻¹ en los primeros 20 cm de profundidad (Tabla X). Estimaciones de la biomasa del rizoma realizadas por Jiménez & Martínez (1979) arrojaron como resultado 1419 Kg.ha⁻¹ para un total de 575 plantas de plátanos. Los resultados obtenidos para la parte subterránea de *Musa* no podrán ser discutidos con otros datos en vista de que la bibliografía consultada no hace referencia sobre éste aspecto.

La tabla X muestra como la biomasa de las raíces parece disminuir en el mes de mayo, el hecho de tenerse una sola muestra para este período no es suficiente para hacer conclusiones. Contrariamente es mayor en la estación de sequía, y tal como señalan Norman y col. (1984) las raíces superficiales son muy susceptible a la humedad excesiva. Este hecho también parece estar en correlación con el poco desarrollo del vástago para éste mismo período (Tabla VI) y en consecuencia de las raíces. Cuando la humedad del suelo disminuye la planta produce una gran cantidad de raíces con el objeto de aumentar su capacidad de absorción, por ser especies que necesitan sufi-

TABLA X. Peso seco de la biomasa de raíces en plantas de *Musa sp.* en un cultivo de sol. Canaguá, Edo. Mérida. En Kg.ha⁻¹. Entre paréntesis Error estándar, n= 2.

MES	PROFUNDIDAD (cm)	BIOMASA Kg.ha ⁻¹	TOTAL Kg.ha ⁻¹
JULIO 91	0 - 10	9.32 (1.70)	11.51
	10 - 20	2.19 (--)*	
NOVIEMBRE 91	0 - 10	6.18 (0.23)	10.40
	10 - 20	4.22 (--)	
FEBRERO 92	0 - 10	7.60 (0.62)	12.15
	10 - 20	4.55 (2.03)	
MAYO 92	0 - 10	4.92 (--)	7.49
	10 - 20	2.57 (--)	

Biomasa radical $\bar{x} = 10.39 \pm 0.57^{**}$ Kg.ha⁻¹

* n= 1

** Error estándar, n= 4

ciente agua para su desarrollo, es decir, que ésta no sea excesiva como se indicó anteriormente, dado que son muy susceptibles al déficit hídrico (Simmonds, 1973; Tai, 1977).

Al igual que los cafetos, el cambur concentra la mayor cantidad de raíces en los primeros 10 cm del suelo (Figura 15), lo cual concuerda con lo expuesto por Simmonds (1973) quien afirma que las raíces de éstas plantas se hallan de 0 - 15 cm del suelo.

El nitrógeno radical fue de 0.66 KgN.ha^{-1} (Tabla XI) con la mayor cantidad en febrero (0.77 KgN.ha^{-1}) y la más baja en mayo con 0.57 KgN.ha^{-1} . En todos los meses en que se realizó la toma de muestras el nitrógeno tuvo mayores valores en el nivel de 0 - 10 cm (Figura 16).

El nitrógeno del tejido radical del cambur presenta concentración mayores entre 0 - 10 cm (Figura 17), con excepción del mes de julio donde la concentración de este elemento en las raíces tomadas a mayor profundidad (10 - 20 cm) es mayor que a nivel de la superficie del suelo, como resultado de la variabilidad natural de la planta, o a una condición particular del sitio muestreado. Los valores máximos de mgN/mg peso seco se obtuvieron a comienzos de las lluvias. A diferencia de lo expuesto para las raíces de café (Figura 14), las de cambur tienen mayores diferencias en concentración entre las dos profundidades estudiadas.

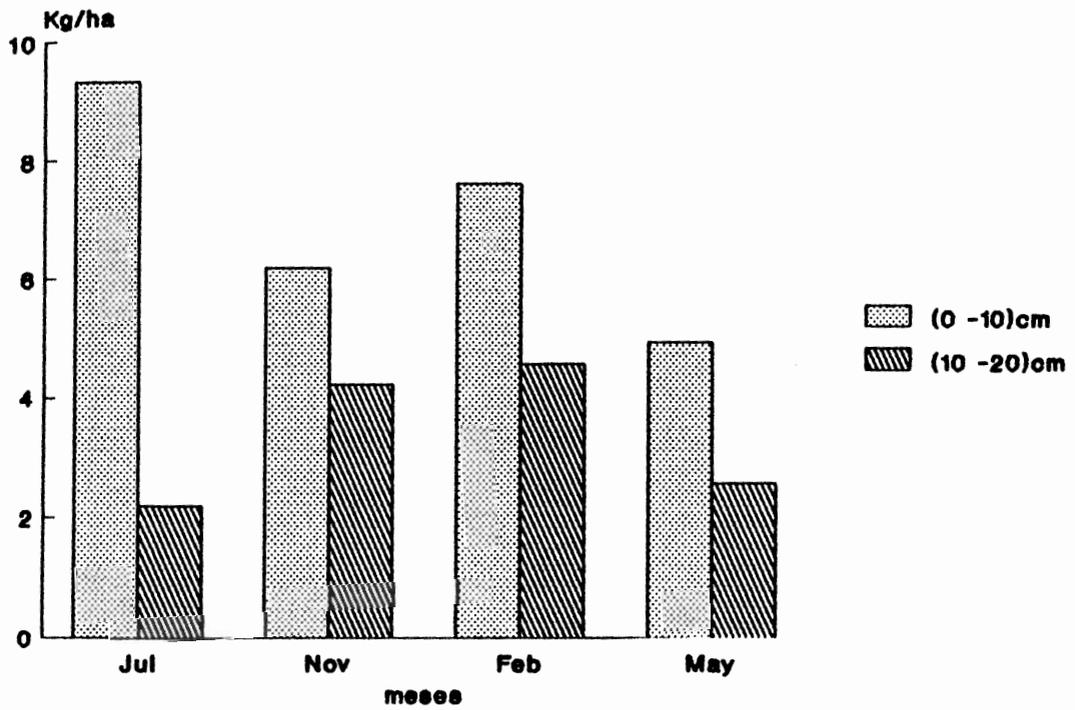


FIGURA 15. Biomasa radical (Kg/ha) de plantas de cambur.

TABLA XI. Cantidad de Nitrógeno en raíces de plantas de *Musa sp.* en un cafetal de sol. Canaguá, Edo. Mérida.

MES	PROFUNDIDAD (cm)	KgN.ha ⁻¹	TOTAL KgN.ha ⁻¹
JULIO 91	0 - 10	0.53	0.69
	10 - 20	0.16	
NOVIEMBRE 91	0 - 10	0.39	0.62
	10 - 20	0.23	
FEBRERO 92	0 - 10	0.50	0.77
	10 - 20	0.27	
MAYO 91	0 - 10	0.39	0.57
	10 - 20	0.18	

$\bar{x} = 0.66 \pm 0.05^*$ KgN/ha/año

* Error estándar.

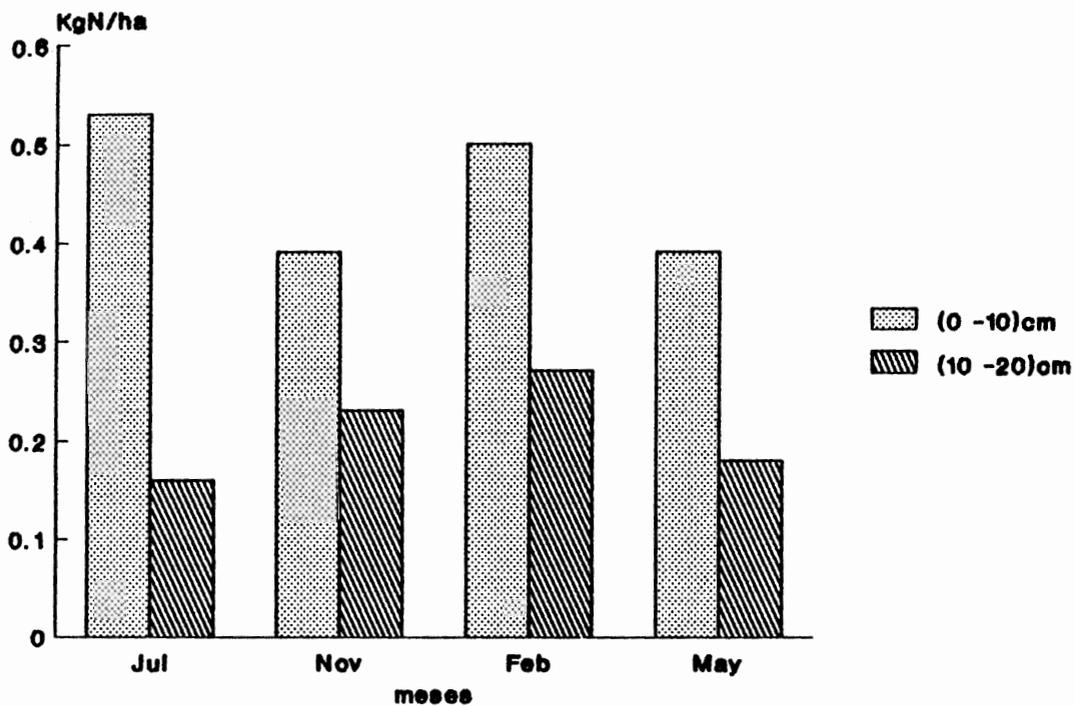
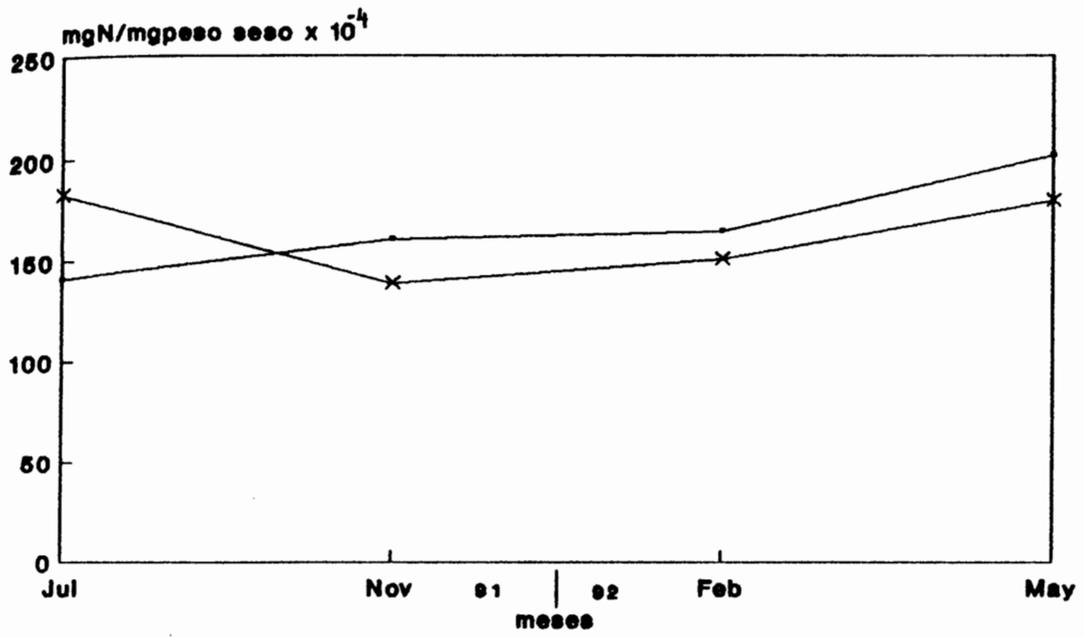


FIGURA 16. Cantidad de nitrógeno (KgN/ha) en raíces de plantas de cambur.



—•— (0-10)cm —×— (10-20)cm
FIGURA 17. Concentración de nitrógeno (mgN/mg peso seco) de raíces de plantas de cambur.

3.1.3. Otras Especies

Generalmente se hace referencia (Coste, 1969; García & Henao, s.f; García, 1988) de los efectos nocivos de las "malezas" para los cafetos, entre los que se cuentan su competencia por agua y nutrimentos y su interferencia con el crecimiento superficial de las raíces del cultivo. Por otro lado Durval & Fernández (cita de Navidad, 1987) le atribuyen propiedades beneficiosas, ya que sombrean el suelo, evitan la erosión, aportan materia orgánica y nutrientes, pero sólo antes que las malezas se desarrollen y florezcan. Es así como el control de eliminación de plantas herbáceas en los cafetales es de gran importancia, sobre todo en los meses de más baja precipitación, García (1988) apunta que deben hacerse por lo menos cuatro controles de malezas al año.

La baja densidad de los cafetos en la parcela en estudio deja al descubierto gran parte de la superficie del suelo, equivalente a un 40% (Ataroff, 1990); en consecuencia el desarrollo de las hierbas suele ser significativo en éstos cultivos. La Tabla XII muestra la biomasa total del estrato herbáceo, es evidente que se produce un incremento de las mismas en plena época lluviosa, hasta alcanzar 1087.36 Kg.ha⁻¹, y un mes antes de haberse realizado el deshierbe (figura 6), siendo mucho menor en la época seca con 130.72 Kg.ha⁻¹. Gran parte de las especies que componen el estrato herbáceo son helechos (*Pteridium aquilinum*) y ciperáceas. Esta notable

diferencia en los datos de la época húmeda y seca también fue encontrada por Navidad (1987), con un máximo de 364.49 Kg.ha⁻¹ y un mínimo de 97.15 Kg.ha⁻¹; siendo sus montos menores al de éste estudio. Tal como lo explica el citado autor, la alta densidad de plantas de café junto con una gran producción de follaje hace que disminuya la intensidad de la luz que llega a la superficie del suelo limitando el crecimiento de las malezas. En un cafetal de sol en México se estimó una biomasa total del estrato herbáceo que supera la obtenida en este estudio, de 3963 Kg.ha⁻¹.año⁻¹, mientras en un cafetal sombreado con *I. Leptoloba* el valor fue de 2600 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ y de 143 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ en un cafetal bajo la sombra de *I. jinicuil* (Jiménez - Avila & Martínez, 1979). En un cafetal mixto en México Golberg y Jiménez - Avila (1982) refieren que las plantas herbáceas poseen un biomasa de 1310 Kg.ha⁻¹.

Los datos de la cantidad de nitrógeno acumulado en éstas plantas (Tabla XIII) evidencian que ésta es mayor en julio con 20.03 KgN.ha⁻¹. Navidad (1987) indica montos que oscilan entre 2.27 y 8.54 KgN.ha⁻¹ para el período seco y lluvioso; es notable que el resultado para la época seca es muy similar al encontrado en nuestra parcela en estudio.

La concentración de nitrógeno en la parte aérea y subterránea de las hierbas se muestra en la Figura 18. La máxima concentración de los vástagos ocurre en febrero (0.0227 mgN/mg peso seco), mientras en las raíces en julio y noviembre. Todo

TABLA XII.

Biomasa total de otras especies en un cafetal de sol. Canaguá, Edo. Mérida. En Kg.ha^{-1} . Entre paréntesis Error Estándar, $n= 10$

SUBCOMPARTIMIENTO	JULIO 91	NOVIEMBRE 91	FEBRERO 92	MAYO 92
VASTAGOS	920.32 (1.16)	448.96 (0.77)	102.24 (0.24)	398.21 (0.75)
RAICES	167.04 (0.22)	183.25 (0.70)	28.48 (0.06)	77.70 (0.12)
TOTAL	1087.36	632.21	130.72	469.91

TABLA XIII.

Cantidad de Nitrógeno en la biomasa aérea y subterránea de otras especies en un cafetal de sol. Canaguá, Edo. Mérida. En KgN.ha^{-1} .

SUBCOMPARTIMIENTO	JULIO 91	NOVIEMBRE 91	FEBRERO 92	MAYO 92
VASTAGOS	17.39	8.44	2.32	6.49
RAICES	2.64	2.95	0.39	0.87
TOTAL	20.03	11.39	2.71	7.36

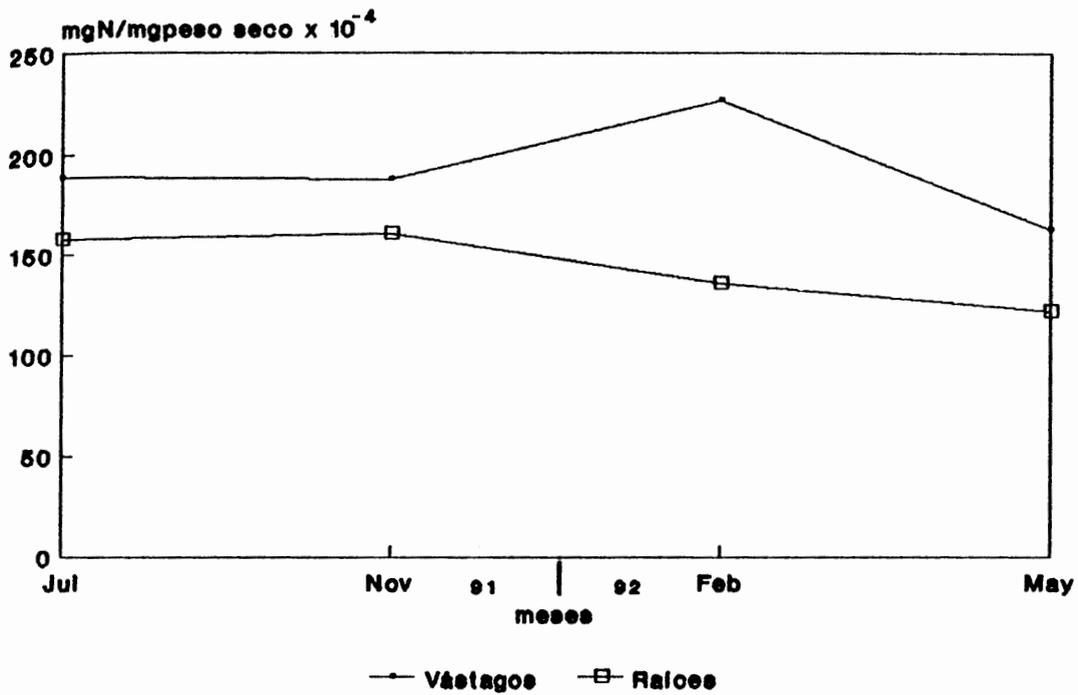


FIGURA 18. Concentración de nitrógeno (mgN/mg peso seco) de los vástagos y raíces de otras especies.

parece indicar que durante la época seca las hierbas son aún jóvenes, estando totalmente desarrolladas en el período lluvioso. El nitrógeno en el tejido radical alcanza en noviembre su máximo de 0.0161 mgN/mg peso seco. En otro cafetal de sol Navidad (1987) obtuvo una concentración de 0,0205 mgN/mg peso seco para la parte aérea y 0,0192 mgN/mg peso seco para las raíces cuando hay poca precipitación.

3.2. HOJARASCA

3.2.1. Hojarasca Interceptada

En un ecosistema la hojarasca juega un papel primordial en el flujo de energía y en el ciclado de los nutrientes; en este último actúa como una fuente de reciclaje y conservación de los mismos, dado que gran parte de los elementos nutritivos de la biomasa aérea retornan nuevamente al suelo, con la consecuente liberación de ellos en la descomposición de la hojarasca. En general, la producción de hojarasca de los bosques tropicales es mucho mayor que la de los bosques templados; estimándose que la cantidad de elementos minerales que se incorporan al suelo en los trópicos a través de la misma es mayor que en los bosques templados (Bray & Gorham, 1964).

Es así como en ecosistemas amazónicos la materia orgánica es la principal fuente de fertilización del suelo debido al posible ciclaje directo de nutrientes de la hojarasca que cae

del dosel a las raíces (Herrera y col., 1978). A nivel de agroecosistemas, como café y cacao, se ha determinado una incorporación importante de nutrientes provenientes de la hojarasca (Aranguren, 1979; Bornemiza, 1982; Santana & Cabala, 1982; Fassbender y col., 1985; Navidad, 1987).

En nuestro caso de la hojarasca que cae del dosel (Tabla XIV) se recolectó un total de 5687.51 Kg.ha⁻¹.año⁻¹, de los cuales el mayor aporte corresponde a las hojas de café con 3735.83 Kg.ha⁻¹ (65.68 %), seguido de los frutos con 767.24 Kg.ha⁻¹ (13.49 %) y de la fracción no identificable con 716.90 Kg.ha⁻¹ (12.60 %); los otros sub-compartmentos representan aportes muy pequeños y además no son continuos, así se tiene, las ramas con 192.74 Kg.ha⁻¹, el material de otras especies con 182.86 Kg.ha⁻¹ y las flores de café con un total de 91.94 Kg.ha⁻¹. Estos resultados son similares a los obtenidos por Ataroff (1990) en éste cultivo, registrándose un total de 4138.7 Kg.ha⁻¹.año⁻¹, donde se destaca que lo aportado por otras especies alcanzó un total de 951.9 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ (23%); y tal como lo explica la autora en el periodo de muestreo existían en el cultivo restos de árboles muertos. Como los cafetos eran aún muy jóvenes para cuando se realizó la experiencia (87 - 88) el monto de hojarasca de café fue menor. En cultivos de café de sol en México se refieren valores más bajos, 2079 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ (Jiménez - Avila & Martínez, 1979) y 2266 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ (Jiménez-Avila, 1982); mientras Navidad (1987) en las mismas condiciones obtuvo un total de 7666 Kg.ha⁻¹.año⁻¹. En cultivos bajo

TABLA XIV.

Cantidad de Hojarasca interceptada.
(Kg.ha⁻¹.mes⁻¹ y Kg.ha⁻¹.año⁻¹) Canaguá, Edo.
Mérida.

MES	HOJAS	CAFE RAMAS	FRUTO	FLOR	FNI	Otras spp.	TOTAL
Mayo 91	243.24 (6.51)	11.53 (5.98)	3.76 (0.49)	0.0 (0)	21.89 (3.05)	0.0 (0)	280.42 [4.93]
Junio	341.05 (9.13)	0.44 (1.08)	30.19 (3.93)	0.0 (0)	15.56 (2.17)	18.85 (10.31)	406.09 [7.14]
Julio	187.96 (5.03)	5.91 (3.07)	61.84 (8.06)	0.0 (0)	3.16 (0.44)	0.0 (0)	258.87 [4.55]
Agosto	186.00 (4.98)	6.42 (3.33)	55.60 (7.25)	0.0 (0)	45.60 (6.36)	31.64 (17.30)	325.26 [5.72]
Septiembre	190.60 (5.10)	1.82 (0.94)	30.91 (4.03)	0.0 (0)	491.04 (68.49)	0.0 (0)	714.37 [12.56]
Octubre	149.59 (4.00)	0.0 (0)	35.54 (4.63)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	185.13 [3.25]
Noviembre	227.85 (6.10)	26.76 (13.88)	75.49 (9.84)	0.0 (0)	0.0 (0)	95.99 (52.49)	426.09 [7.49]
Diciembre	493.82 (13.22)	115.32 (59.83)	323.23 (42.13)	0.0 (0)	25.51 (3.53)	0.0 (0)	957.88 [16.84]
Enero 92	893.85 (23.92)	24.54 (12.73)	101.62 (13.24)	0.0 (0)	42.56 (5.94)	19.02 (10.40)	1081.59 [19.02]
Febrero	328.55 (8.79)	0.0 (0)	22.12 (2.88)	62.63 (68.12)	17.63 (2.46)	0.0 (0)	430.93 [7.58]
Marzo	351.54 (9.41)	0.0 (0)	14.72 (1.92)	0.0 (0)	34.50 (4.81)	17.36 (9.49)	418.12 [7.35]
Abril	141.78 (3.79)	0.0 (0)	12.22 (1.59)	29.31 (31.88)	19.45 (2.71)	0.0 (0)	202.76 [3.56]
TOTAL	3735.83 [65.68]	192.74 [3.39]	767.24 [13.49]	91.94 [1.62]	716.90 [12.60]	182.86 [3.21]	5687.51

() Porcentaje mensual del total anual para cada subcompartimiento.

[] Porcentaje anual de cada subcompartimiento en relación al total.

FNI= Fracción no identificable.

sombra en general hay una mayor caída de hojarasca, Aranguren (1979) recolectó 11159 Kg.ha⁻¹.año⁻¹, en un cafetal mixto se obtuvieron 10249 Kg.ha⁻¹.año⁻¹, 9475 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ con árboles de *I. leptoloba* y bajo la sombra de *I. jinicuil* 8380 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ (Jiménez - Avila & Martínez, 1979), por otra parte, Ataroff (1990) indica una cantidad menor de 4255,8 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ para un sistema con plantas de *I. oerstediana*; debido a una disminución en el follaje y a las actividades reproductivas de éstos árboles.

La caída de hojarasca es continua a lo largo del año haciéndose evidentemente mayor en la época seca (Figura 19), como una respuesta fisiológica de la planta ante el déficit hídrico, situación a la cual hacen referencia otros autores para cafetales con o sin sombrío (Jiménez - Avila & Martínez, 1979; Aranguren, 1979; Navidad, 1987; Ataroff, 1990).

Los máximos de hojarasca interceptada corresponden a diciembre con 957.88 Kg.ha⁻¹ y enero con 1081.59 Kg.ha⁻¹, en la época seca (Figuras 2 y 19); también ocurre un pico en Septiembre con 714.37 Kg.ha⁻¹.

La caída de hojas de café domina el monto global de hojarasca interceptada (Figura 19), a excepción del mes de septiembre donde la mayor contribución es de la fracción no identificable con 491.04 Kg.ha⁻¹ (68.50%), probablemente por el efecto de vientos muy fuertes. En general, en agroecosistemas

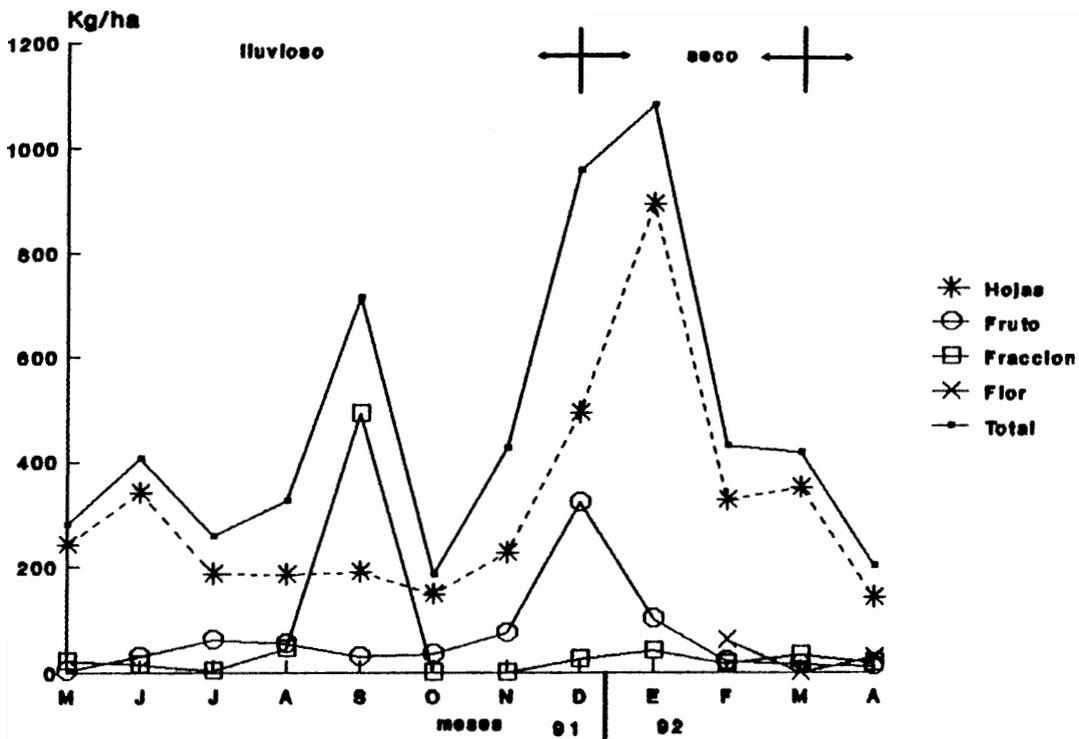


FIGURA 19. Peso seco (kg/ha) de la hojarasca interceptada.

cafetaleros de sol, la mayor contribución a la hojarasca es de las hojas de las plantas de cultivo (Jiménez - Avila & Martínez, 1979; Navidad, 1987).

La mayor cantidad de frutos interceptados corresponde al mes de diciembre con $323.23 \text{ Kg.ha}^{-1}$, cuando los frutos están completamente maduros (Figura 4) coincidiendo al mismo tiempo con el período de cosecha (Figura 19). Este patrón es muy similar al señalado por Navidad (1987).

Las ramas, aún cuando no muestran una tasa de caída continua se hacen significativa con $115.32 \text{ Kg.ha}^{-1}$ de un total de 192.74 en el mes de diciembre cuando se efectúa la recolección de los frutos; es evidente que en esta labor las personas destinadas para tal fin contribuyen enormemente para que esto ocurra. También en otro cafetal de sol los valores máximos de caída de ramas coinciden con los períodos de recolección de los frutos (Navidad, 1987). La caída de flores de café sólo ocurre en los meses de febrero y abril coincidiendo con la floración (Figura 4).

La cantidad de nitrógeno que llega a la superficie del suelo a través de la hojarasca que cae del dosel es de $118.08 \text{ KgN.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$, (Tabla XV), del cual las hojas de los cafetos aportan $84.99 \text{ KgN.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ (71.98%), seguido de los frutos con $15.59 \text{ KgN.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$; la contribución de nitrógeno de los otros

TABLA XV. Cantidad de (N) de la hojarasca interceptada.
(KgN.ha⁻¹.mes⁻¹ y KgN.ha⁻¹.año⁻¹). Canaguá. Edo.
Mérida.

MES	HOJAS	CAFE RAMAS	FRUTO	FLOR	FNI	Otras sps.	TOTAL
Mayo 91	5.96 (7.01)	0.21 (8.04)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.48 (5.39)	0.0 (0)	6.65 [5.63]
Junio	8.42 (9.91)	0.0 (0)	0.72 (4.62)	0.0 (0)	0.41 (4.61)	0.45 (12.23)	10.00 [8.47]
Julio	5.15 (6.06)	0.05 (1.91)	1.61 (10.33)	0.0 (0)	0.08 (0.90)	0.0 (0)	6.89 [5.83]
Agosto	4.85 (5.71)	0.09 (3.45)	1.34 (8.59)	0.0 (0)	0.78 (8.76)	0.50 (13.50)	7.56 [6.40]
Septiembre	4.92 (5.79)	0.0 (0)	0.71 (4.55)	0.0 (0)	3.83 (43.03)	0.0 (0)	9.46 [8.01]
Octubre	3.68 (4.33)	0.0 (0)	0.78 (5.00)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	4.46 [3.78]
Noviembre	6.08 (7.15)	0.28 (2.71)	1.61 (10.33)	0.0 (0)	0.0 (0)	2.34 (63.59)	10.31 [8.73]
Diciembre	11.36 (13.77)	1.65 (63.22)	5.98 (38.36)	0.0 (0)	0.73 (8.20)	0.0 (0)	19.72 [16.70]
Enero 92	18.35 (21.59)	0.33 (12.64)	1.92 (12.31)	0.0 (0)	1.06 (11.91)	0.17 (4.62)	21.83 [18.49]
Febrero	6.18 (7.27)	0.0 (0)	0.37 (2.37)	1.47 (63.64)	0.42 (4.72)	0.0 (0)	8.44 [7.15]
Marzo	6.92 (8.14)	0.0 (0)	0.32 (2.05)	0.0 (0)	0.62 (6.97)	0.22 (5.98)	8.08 [6.84]
Abril	3.12 (3.67)	0.0 (0)	0.23 (1.47)	0.84 (36.36)	0.49 (5.50)	0.0 (0)	4.68 [3.96]
TOTAL	84.99 [71.98]	2.61 [2.21]	15.59 [13.20]	2.31 [1.96]	8.90 [7.54]	3.68 [3.12]	118.08

() Porcentaje mensual del total anual para cada subcompartimiento.

[] Porcentaje anual de cada subcompartimiento en relación al total.

Evidentemente los valores máximos mensuales de nitrógeno se corresponden con los meses donde la tasa de caída es más alta. Las mayores diferencias se observan entre los meses de mayor precipitación y los más secos (Figura 20). Los meses con mayor entrada de nitrógeno por hojarasca interceptada son diciembre con $19.72 \text{ KgN.ha}^{-1}$ y enero con $21.83 \text{ KgN.ha}^{-1}$. En septiembre aún cuando hubo una producción considerable de hojarasca (Figura 19) el nitrógeno que esta aporta no es muy grande (Figura 20); dado que la mayor proporción corresponde a la fracción no identificable como se mencionó anteriormente.

La Figura 20 y Tabla XV muestran como en diciembre la cantidad de nitrógeno de los frutos (5.98 KgN.ha^{-1}), aunada al de las hojas ($11.36 \text{ KgN.ha}^{-1}$) elevan aún más la cantidad de nitrógeno total en la hojarasca.

En lo que se refiere a la concentración de nitrógeno de los diferentes sub-compartmentos de la hojarasca caída (Tabla XVI) la máxima corresponde a las flores de café con 0.0262 mgN/mg peso seco (2.62%), le siguen las hojas del cultivo con 0.0236 mgN/mg peso seco la fracción no identificable con 0.0220 mgN/mg peso seco y los frutos con 0.0214 mgN/mg peso seco. Valores que difieren enormemente con los resultados de Aranguren y col. (1982) según los cuales en las hojas de café la

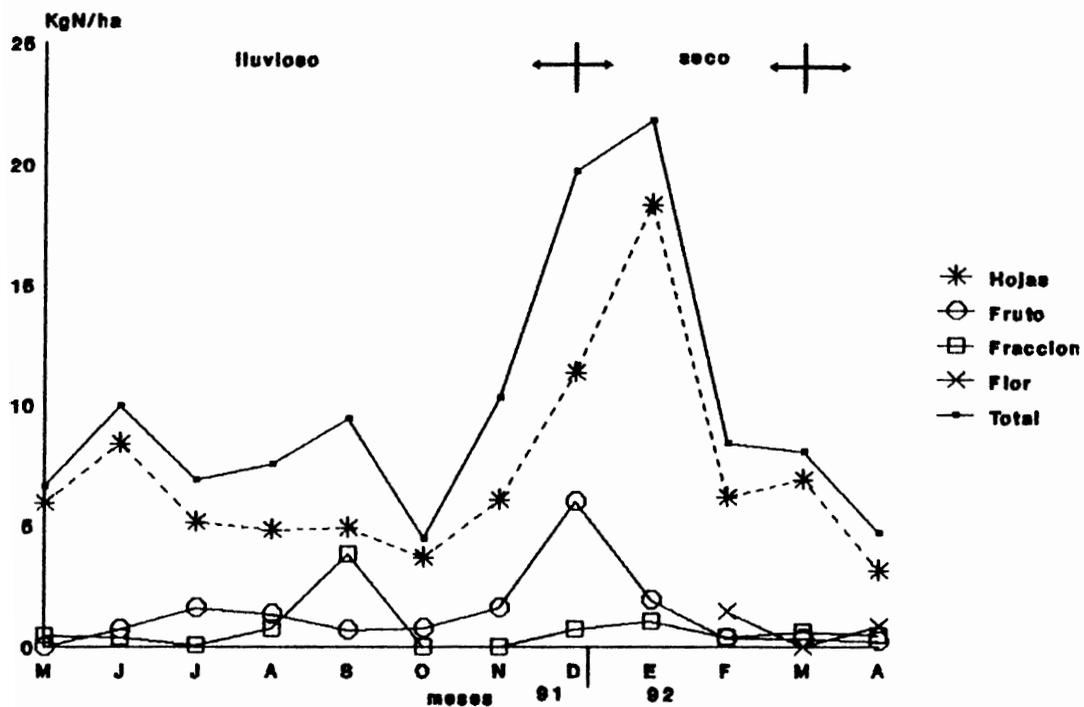


FIGURA 20. Cantidad de nitrógeno (KgN/ha) de la hojarasca interceptada.

TABLA XVI. Concentración de Nitrógeno (mgN/mg peso seco) de la hojarasca interceptada. Canaguá, Edo. Mérida.

MES	HOJAS	CAFE RAMAS	FRUTO	FLOR	FNI	Otras sps.
Mayo 91	.0245 (0.0)	.0183 (2.55)	0.0 (0)	0.0 (0)	.0219 (4.14)	0.0 (0)
Junio	.0247 (2.45)	0.0 (0)	.0238 (2.45)	0.0 (0)	.0266 (3.34)	.0239 (2.04)
Julio	.0274 (2.86)	.0092 (1.22)	.0261 (3.74)	0.0 (0)	.0260 (2.27)	0.0 (0)
Agosto	.0261 (3.56)	.0140 (0.82)	.0241 (3.74)	0.0 (0)	.0171 (2.27)	.0158 (3.74)
Septiembre	.0258 (2.16)	0.0 (0)	.0229 (1.78)	0.0 (0)	.0078 (2.16)	0.0 (0)
Octubre	.0246 (1.87)	0.0 (0)	.0221 (1.78)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)
Noviembre	.0267 (1.47)	.0104 (1.63)	.0214 (0.71)	0.0 (0)	0.0 (0)	.0244 (1.08)
Diciembre	.0230 (1.87)	.0143 (0.82)	.0185 (1.08)	0.0 (0)	.0287 (1.08)	0.0 (0)
Enero 92	.0205 (2.55)	.0133 (3.24)	.0189 (1.22)	0.0 (0)	.0249 (2.94)	.0092 (0.41)
Febrero	.0188 (1.41)	0.0 (0)	.0166 (2.55)	.0235 (2.48)	.0241 (0.41)	0.0 (0)
Marzo	.0197 (0.71)	0.0 (0)	.0217 (1.78)	0.0 (0)	.0181 (1.87)	.0125 (1.08)
Abril	.0220 (3.34)	0.0 (0)	.0193 (2.94)	.0288 (0.82)	.0250 (1.08)	0.0 (0)
MEDIA	.0237 [8.57]	.0133 [14.38]	.0214 [8.95]	.0262 [37.47]	.0220 [20.63]	.0172 [33.98]

() Error standard $\times 10^{-4}$ para cada subcompartimiento.

[] Error standard $\times 10^{-4}$ de cada subcompartimiento en relación al total.

FNI= Fracción no identificable

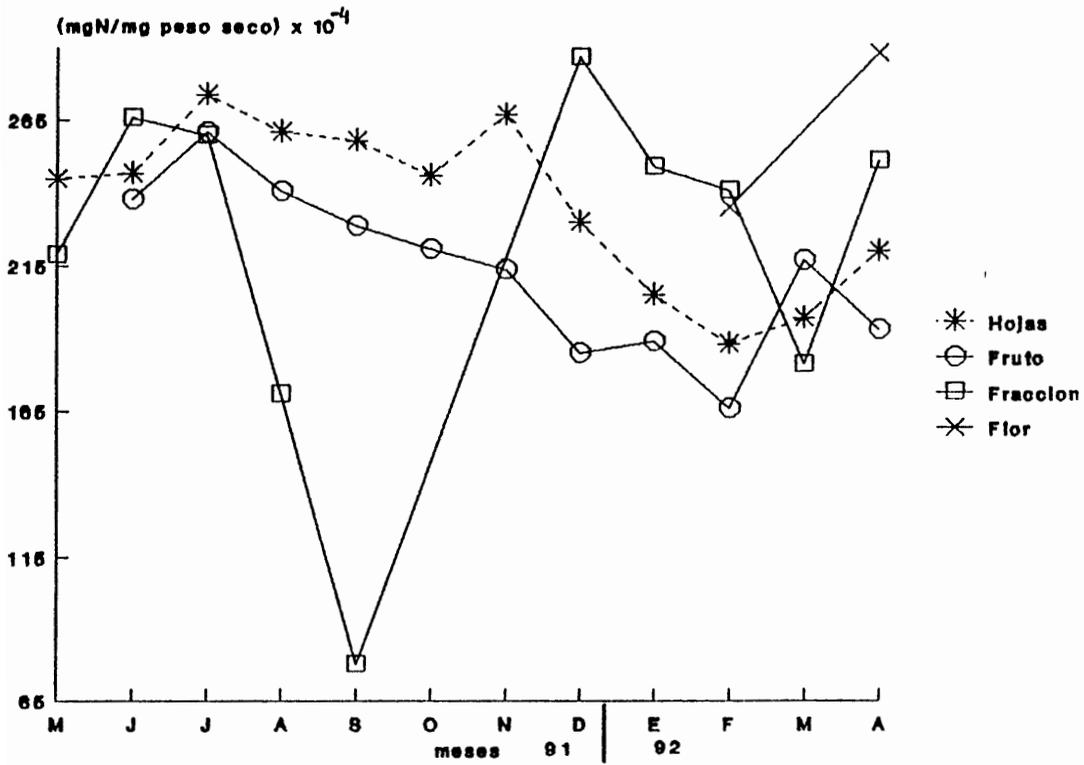


FIGURA 21. Concentración de nitrógeno (mgN/mg peso seco) de la hojarasca interceptada.

compartimiento contiene una mezcla de material vegetal diverso, su valor va a depender de la composición de dicho material.

3.2.2. Hojarasca del Suelo

La cantidad de materia orgánica que se acumula en la superficie del suelo es un indicador de las condiciones del ecosistema, dada la influencia de la hojarasca en las propiedades físico - químicas y en la actividad biológica del suelo; además de constituir un gran reservorio de energía y nutrientes, que pueden liberarse en su descomposición. La cantidad de hojarasca en el suelo está íntimamente relacionada con su producción y descomposición.

Durante los cuatro períodos de muestreo se obtuvo un máximo de hojarasca acumulada en el suelo de 3630.08 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ (febrero 92) y un mínimo en mayo de 2221.19 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ (Tabla XVII). En dos mediciones realizadas en este cultivo en períodos anteriores se obtuvo en febrero 4727 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ y en agosto 16470 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ (Ataroff, 1990); cabe destacar que el mayor aporte corresponde a otras especies en ambos meses. Los valores de hojarasca recolectada del suelo en otro cafetal de sol oscilan entre 2787 - 5789 Kg.ha⁻¹ en diciembre y abril respectivamente (Navidad, 1987). Sin embargo, Aranguren (1979) muestra valores más bajos en cafetos bajo sombrío que van desde 1963 Kg.ha⁻¹ (junio) a 2771 Kg.ha⁻¹ (diciembre). Si se considera que la cantidad de la hojarasca caída es bastante alta para

TABLA XVII. Peso seco (kg.ha⁻¹) de los subcompartmentos de la hojarasca del suelo de un cafetal de sol. Canaguá. Edo. Mérida. Entre paréntesis Error estándar, n= 10.

MES	HOJAS	RAMAS	FRUTOS	FRACCION	OTROS	TOTAL
JULIO 91	922.56 (0.81)	407.04 (0.53)	85.76 (0.22)	1007.04 (1.05)	889.76 (2.01)	3312.16
NOVIEMBRE 91	379.84 (0.92)	138.40 (0.46)	175.20 (0.26)	1227.52 (1.95)	803.52 (1.24)	2724.48
FEBRERO 92	676.80 (1.18)	247.04 (0.54)	97.28 (0.52)	2116.48 (2.70)	492.48 (1.00)	3630.08
MAYO 91	569.07 (0.88)	17.30 (0.08)	94.02 (0.19)	1417.60 (1.97)	123.20 (0.81)	2221.19

Hojarasca del suelo \bar{x} = 2971.98 ± 361.13^{*} kg.ha⁻¹

^{*} Error estándar, n= 4

este cafetal (Sección 3.2), es evidente que las condiciones de sombrío influyen notablemente en el incremento de la tasa de descomposición de la hojarasca, tal como lo señala el autor. Analizando los resultados obtenidos en los distintos cultivos (sol y sombra) estos tienden a ser mayores en el periodo seco o finales de éste, y disminuyen en la época de más alta precipitación; exceptuando los valores estimados por Ataroff (1990) que es máximo en la época de lluvia, siendo atribuido por esta autora al aporte de los restos de los árboles sombreantes que antes existían en la parcela, tal como se discutió en la sección 3.2.1.

La variación anual de la hojarasca del suelo muestra mayor acumulación después de una gran caída de hojarasca en los meses secos (Figuras 19 y 22). Todo parece indicar que cuando las condiciones se hacen más favorables para la descomposición por efecto de las lluvias la tasa de descomposición parece aumentar, y como resultado a partir de mayo las cifras de hojarasca acumulada son menores. Los resultados obtenidos de hojarasca arrastrada por erosión (ver sección 3.2.3) indican que la menor cantidad de hojarasca acumulada en el suelo en el mes de mayo, no es producto de una salida de la misma por arrastre.

Evaluando el comportamiento de los distintos componentes del mantillo cabe destacar la gran acumulación de la fracción no identificable en todos los periodos del año, siendo mayor en plena época seca.

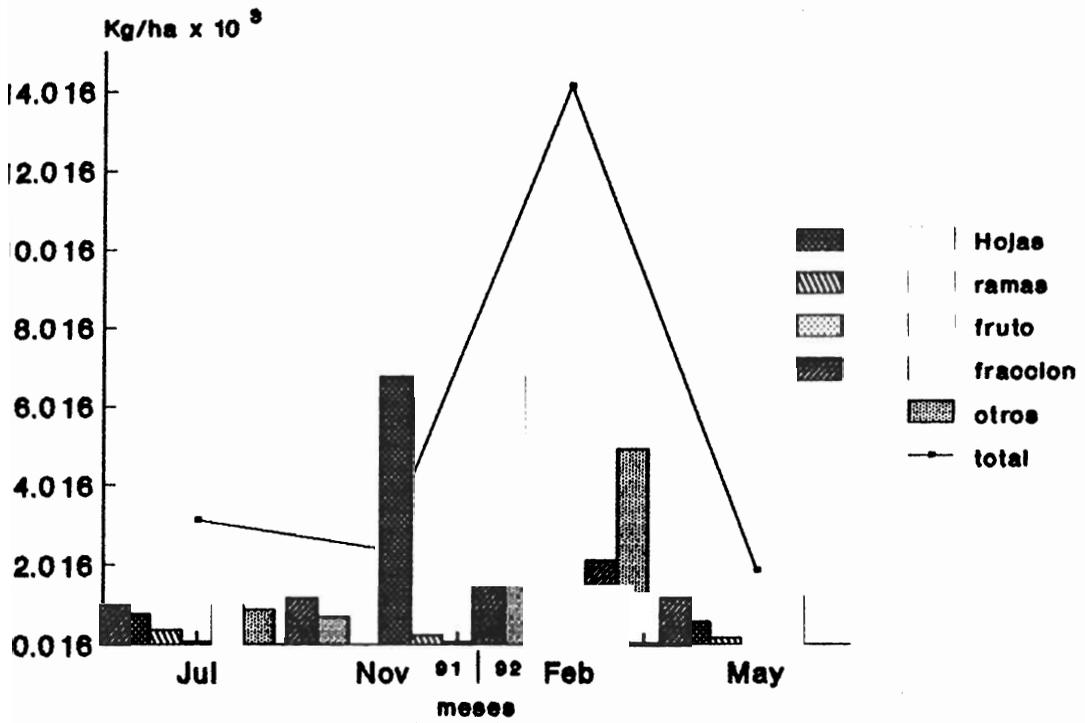


FIGURA 22. Peso seco (Kg/ha) de los diferentes sub-compartimientos de la hojarasca del suelo.

El contenido de nitrógeno a través del año en la hojarasca del suelo muestra la misma tendencia que lo ocurrido con la fitomasa (Tabla XVIII), a excepción del mes de julio donde las hojas de los cafetos poseen la mayor cantidad de nitrógeno no así la fitomasa para esta época. Los valores oscilan entre 51.28 - 69.85 KgN.ha⁻¹. Navidad (1987) señala valores más altos entre 57.27 - 117.05 KgN.ha⁻¹. El sub-compartimiento que posee el mayor cantidad de nitrógeno en el mes de febrero es la fracción no identificable, seguido por las hojas de las plantas de cultivo (Figura 23).

Si se asume que la hojarasca acumulada en la superficie del suelo depende del balance entre la caída de hojarasca y la velocidad a la que esa hojarasca se descompone, en condiciones de equilibrio (Swift y col., 1979); se puede predecir la constante de descomposición K a través de la ecuación descrita por Olson (1963, cita de Ataroff, 1990), donde:

$$dx/dt = L - K X$$

K= Constante de descomposición

L= Tasa de caída de hojarasca

X= Cantidad de hojarasca acumulada en el suelo

Asumiendo un equilibrio dinámico $dx/dt = 0$, así la ecuación resultante sería:

$$K = L/X$$

TABLA XVIII. Cantidad de Nitrógeno (KgN.ha⁻¹) en los diferentes subcompartimientos de la hojarasca del suelo de un cafetal de sol. Canaguá, Edo. Mérida.

MES	HOJAS	RAMAS	FRUTOS	FRACCION	OTROS	TOTAL
JULIO 91	23.99	4.95	1.99	20.54	6.67	58.14
NOVIEMBRE 91	11.32	2.09	---	29.34	9.64	52.39
FEBRERO 92	15.43	2.96	1.77	44.87	4.82	69.85
MAYO 92	16.16	0.22	2.59	30.76	1.55	51.28

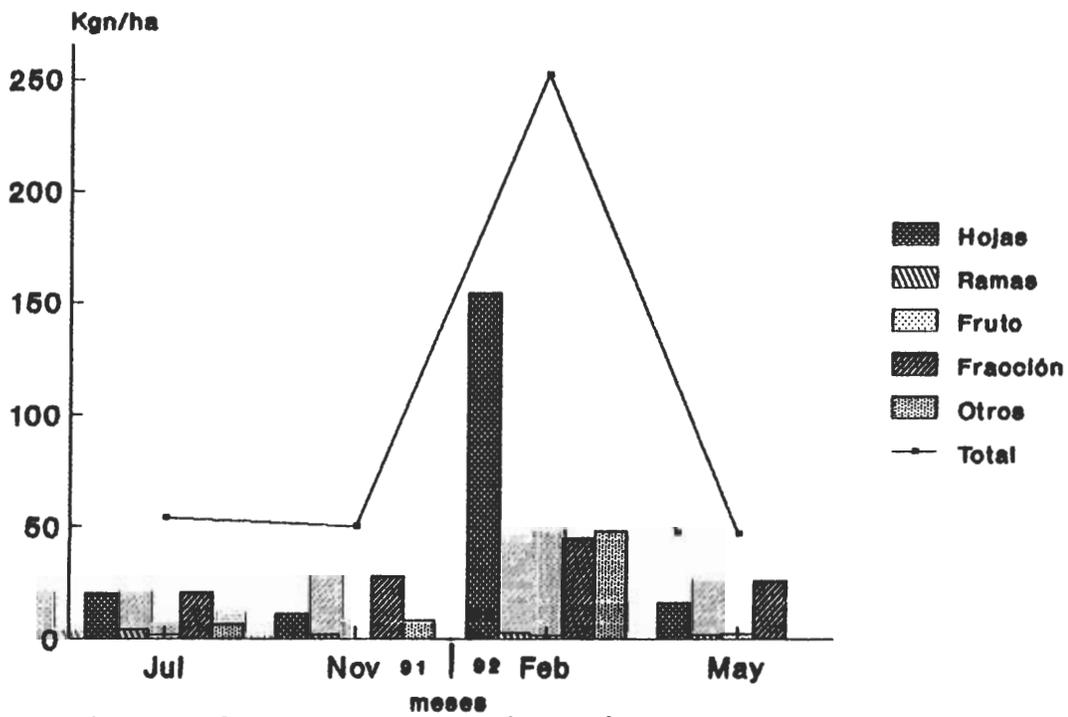


FIGURA 23. Cantidad de nitrógeno (KgN/ha) en los diferentes subcompartimientos de la hojarasca del suelo.

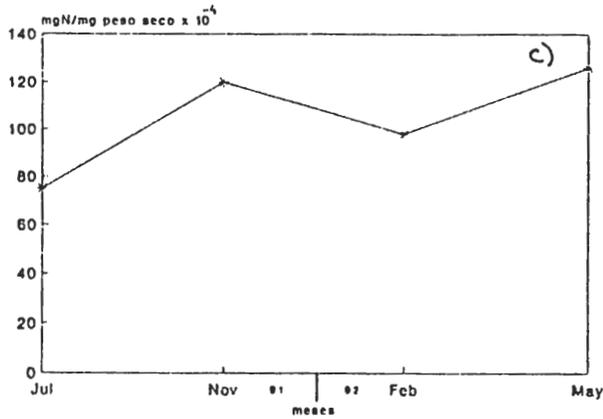
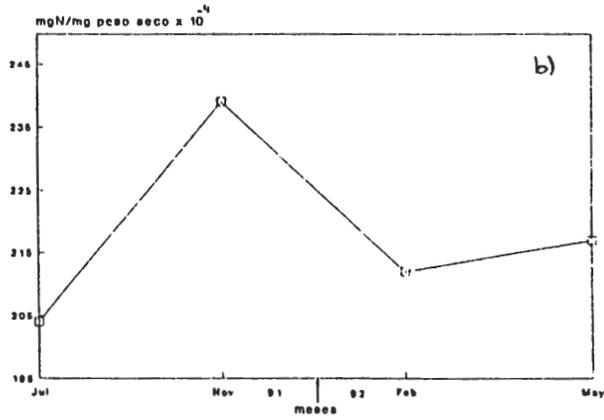
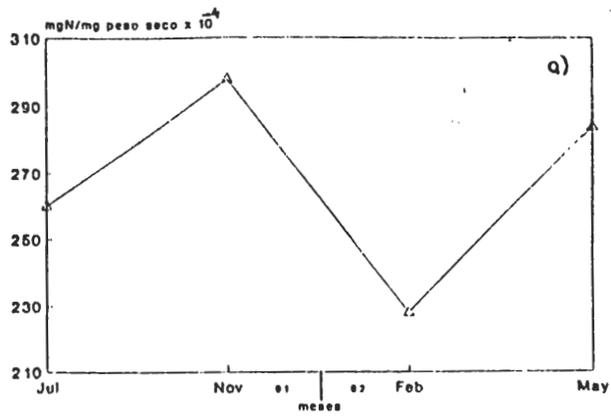


Figura 24.

Concentración de nitrógeno en los diferentes subcompartimientos de la hojarasca del suelo.

a) Café; b) Fracción y c) Otras especies.

Para el cafetal de sol objeto de nuestro estudio tomando X como la cantidad media anual de la hojarasca del suelo (Tabla XVII), se obtuvo una $K = 1.91$. El valor encontrado por Ataroff (1990) para éste mismo cafetal fue muy similar de 1.49, al igual que el de Navidad (1987) para otro cafetal de sol 1.67, Aranguren (1979) calculó un $K = 4.82$ para un cafetal de sombra.

3.2.3. Hojarasca Arrastrada por Erosión

Se ha discutido sobre la importancia de evaluar la incorporación de hojarasca y su posterior acumulación en el suelo, como un mecanismo de reciclaje de nutrientes. No es menos importante cuantificar las pérdidas de hojarasca, en agroecosistemas como los del presente estudio ubicado en una zona montañosa con altas pendientes (Sección 2.1), donde la cantidad de hojarasca arrastrada por erosión puede ser significativa.

Se obtuvo un total de $341.51 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ de hojarasca arrastrada de la parcela de cultivo (Tabla XIX); con $189.35 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ (56.05%) de hojas de café, $97.77 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ (28.98%) de fracción no identificable, los frutos con $36.06 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ (10.68%) y los sub-compartimientos con menor cantidad del total son las ramas con $9.09 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ (2.16%) y $9.24 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ el correspondiente a otras especies. Valores registrados por Ataroff (1990) para este cafetal muestran montos muy similares con $358.6 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$, aunque en dicho

TABLA XIX. Cantidad de hojarasca arrastrada por erosión. (Kg.ha⁻¹.mes⁻¹ y Kg.ha⁻¹.año⁻¹). Canaguá. Edo. Mérida.

MES	CAFE			FNI	Otras spp.	TOTAL
	HOJAS	RAMAS	FRUTO			
Mayo 91	10.35 (5.46)	0.58 (7.89)	0.57 (1.58)	2.08 (2.12)	1.33 (18.40)	14.91 [4.41]
Junio	10.20 (5.38)	0.26 (3.43)	0.51 (1.41)	3.20 (3.39)	0.91 (12.64)	15.08 [4.49]
Julio	0.0 (0)	0.16 (2.13)	0.04 (0.11)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.20 [0.06]
Agosto	22.47 (11.87)	0.0 (0)	3.52 (9.75)	21.25 (21.71)	3.15 (43.75)	50.39 [14.92]
Septiembre	10.14 (5.35)	0.0 (0)	2.20 (6.08)	8.04 (8.21)	1.82 (25.21)	22.20 [6.57]
Octubre	2.73 (1.44)	0.83 (11.32)	2.63 (7.29)	6.52 (6.67)	0.0 (0)	12.71 [3.76]
Noviembre	3.23 (1.71)	0.0 (0)	3.62 (10.05)	0.0 (0)	0.0 (0)	6.85 [2.03]
Diciembre	31.57 (16.67)	0.0 (0)	10.94 (30.34)	33.78 (34.51)	0.0 (0)	76.29 [22.59]
Enero 92	40.57 (21.42)	0.0 (0)	6.29 (17.45)	2.43 (2.48)	0.0 (0)	49.29 [14.59]
Febrero	23.95 (12.65)	4.01 (55.04)	3.71 (10.29)	8.24 (8.42)	0.69 (7.47)	40.60 [11.82]
Marzo	20.54 (10.85)	1.47 (20.18)	0.54 (1.50)	6.78 (6.92)	1.34 (14.50)	30.67 [8.68]
Abril	13.60 (7.19)	1.78 (19.58)	1.49 (4.14)	5.45 (5.57)	0.0 (0)	22.32 [6.09]
TOTAL	189.35 [56.05]	9.09 [2.16]	36.06 [10.68]	97.77 [28.98]	9.24 [2.13]	341.51

() Porcentaje mensual del total anual para cada subcompartmento.

[] Porcentaje anual de cada subcompartmento en relación al total.

FNI= Fracción no identificable.

trabajo la cantidad alcanzada por otras especies fue de 107.0 Kg.ha⁻¹.año⁻¹, lo correspondiente a café 156.4 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ y la fracción no identificable con un valor muy similar 96.3 Kg.ha⁻¹.año⁻¹. Aunque muchos autores han realizado estudios de hojarasca en cafetales y en otros ecosistemas, los mismos no indican datos de pérdida de la misma.

La hojarasca que sale del cafetal presenta un comportamiento muy particular (Figura 25), es continua todo el año, pero no parece estar influenciada sólo por el efecto de la escorrentía de las aguas de lluvia; dado que las pérdidas más importantes ocurren también en la estación seca, lo que conlleva a pensar que existen otros factores contribuyendo para que esto ocurra, tal como lo señala Ataroff (1990), la influencia del tránsito de personas en la parcela en el momento de realizar las actividades agrícolas aumenta las pérdidas de hojarasca y de la fracción mineral. Los meses con mayor arrastre son agosto, diciembre y enero. El efecto producido por una alta precipitación en el mes de agosto, aunado al hecho de que en éste período se realizó el deshierbe del cultivo probablemente son las causas de la gran salida de hojarasca; los altos montos de diciembre y enero, coinciden con las fechas en que se efectuó la cosecha.

Se encontró una salida de nitrógeno por la hojarasca arrastrada de 7.60 KgN.ha⁻¹.año⁻¹ (Tabla XX), donde las mayores pérdidas son a través del tejido foliar del cafeto (4.53 KgN.ha⁻¹.año⁻¹) y la fracción no identificable con 2.19 KgN.ha⁻¹.año⁻¹;

TABLA XX. Cantidad de Nitrógeno (N) en la hojarasca arrastrada por erosión (KgN.ha⁻¹.mes⁻¹ y KgN.ha⁻¹.año⁻¹). Canaguá. Edo. Mérida.

MES	HOJAS	CAFE RAMAS	FRUTO	FNI	Otras spp.	TOTAL
Mayo 91	0.25 (5.48)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.04 (2.14)	0.02 (14.29)	0.31 [4.18]
Junio	0.25 (5.59)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.08 (4.05)	0.02 (14.29)	0.35 [4.78]
Julio	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 [0]
Agosto	0.55 (12.06)	0.0 (0)	0.08 (11.54)	0.47 (2.24)	0.04 (32.14)	1.14 [15.14]
Septiembre	0.27 (5.81)	0.0 (0)	0.04 (6.92)	0.17 (8.33)	0.02 (10.71)	0.50 [6.64]
Octubre	0.08 (1.86)	0.0 (0)	0.06 (8.46)	0.15 (7.14)	0.0 (0)	0.29 [3.85]
Noviembre	0.09 (2.08)	0.0 (0)	0.07 (10.00)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.16 [2.12]
Diciembre	0.81 (17.87)	0.0 (0)	0.21 (32.30)	0.81 (3.86)	0.0 (0)	1.83 [24.37]
Enero 92	0.92 (20.29)	0.0 (0)	0.11 (16.15)	0.04 (1.90)	0.0 (0)	1.07 [14.21]
Febrero	0.53 (11.62)	0.04 (57.14)	0.07 (10.00)	0.18 (8.57)	0.01 (7.14)	0.80 [10.90]
Marzo	0.46 (10.20)	0.01 (18.75)	0.0 (0)	0.12 (5.71)	0.03 (21.43)	0.62 [8.37]
Abril	0.32 (7.13)	0.02 (31.25)	0.03 (4.62)	0.13 (1.19)	0.0 (0)	0.50 [5.38]
TOTAL	4.53 [59.60]	0.07 [0.92]	0.67 [8.81]	2.19 [28.81]	0.14 [1.84]	7.60

() Porcentaje mensual del total anual para cada subcompartimiento.

[] Porcentaje anual de cada subcompartimiento en relación al total.

FNI= Fracción no identificable

en el resto de los sub-compartimientos las pérdidas son menores. Las mayores pérdidas de nitrógeno ocurren en los meses de agosto (1.14 KgN.ha^{-1}), diciembre con 1.83 KgN.ha^{-1} y enero con 1.07 KgN.ha^{-1} .

El comportamiento que sigue la salida de nitrógeno por arrastre entre los diferentes sub-compartimientos, es similar al explicado anteriormente con respecto a la fitomasa (Figura 26), en otras palabras a mayor cantidad de hojarasca arrastrada mayor es la cantidad de nitrógeno que sale del sistema.

Las diferencias en la concentración de nitrógeno entre los diferentes sub-compartimientos son notables (Tabla XXI), la mayor concentración de éste elemento corresponde a las hojas del cultivo ($0.0251 \text{ mgN/mg peso seco}$), le sigue la fracción no identificable con $0.0215 \text{ mgN/mg peso seco}$, los frutos poseen $0.0193 \text{ mgN/mg peso seco}$, otras especies con $0.0155 \text{ mgN/mg peso seco}$ y finalmente las ramas con $0.0113 \text{ mgN/mg peso seco}$.

La Figura 27 muestra como los mgN/mg peso seco de los subcompartimientos a través del año presenta diferencias notables entre los períodos de máxima y mínima precipitación. Las hojas y los frutos de los cafetos tienen valores más altos de concentración de nitrógeno en los meses lluviosos y más bajos en los más secos. Resultados esperados si se considera que las hojas y los frutos de café interceptados en estos períodos también presentan el mismo comportamiento (Figura 21).

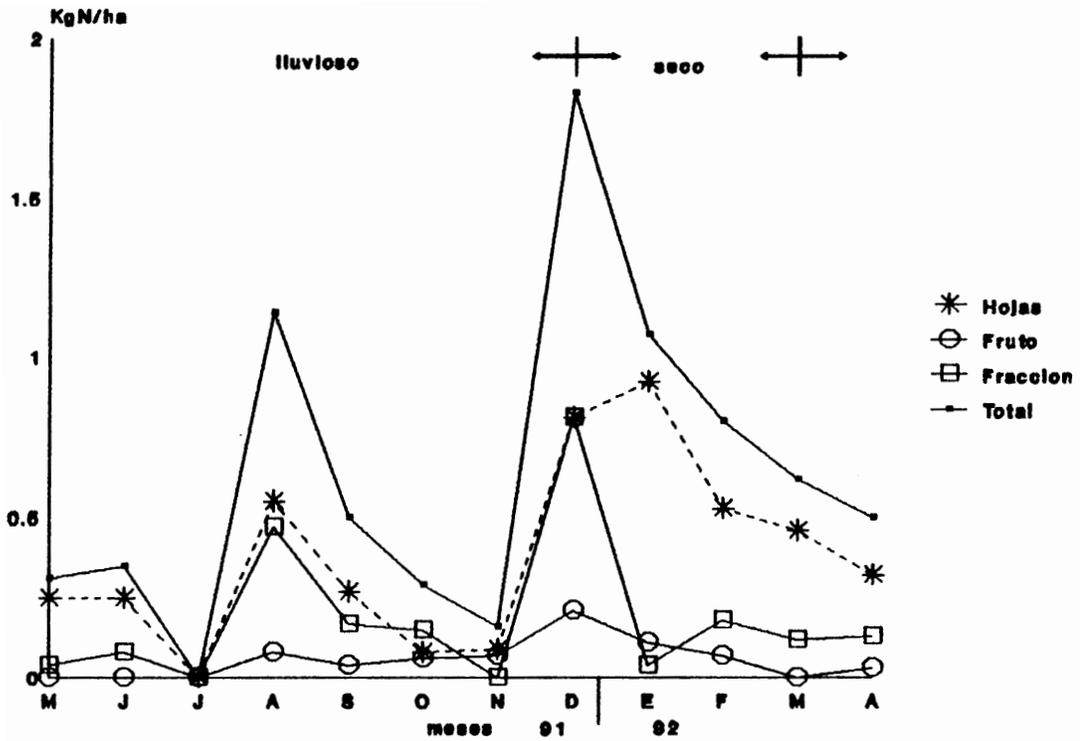


FIGURA 26. Cantidad de nitrógeno (KgN/ha) de la hojarasca arrastrada por erosión.

TABLA XXI. Concentración de Nitrógeno (mgN/mg peso seco) de la hojarasca arrastrada por erosión. Canaguá. Edo. Mérida.

MES	HOJAS	CAPE RAMAS	FRUTO	FNI	Otras ssp
Mayo 91	.0242 (1.47)	0.0 (0)	0.0 (0)	.0209 (1.78)	.0143 (1.63)
Junio	.0249 (4.14)	0.0 (0)	0.0 (0)	.0252 (2.45)	.0205 (2.48)
Julio	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)
Agosto	.0244 (1.87)	0.0 (0)	.0218 (1.41)	.0221 (1.78)	.0136 (2.12)
Septiembre	.0263 (1.47)	0.0 (0)	.0201 (3.63)	.0218 (1.41)	.0084 (1.08)
Octubre	.0306 (1.08)	0.0 (0)	.0213 (2.48)	.0227 (2.27)	0.0 (0)
Noviembre	.0290 (3.89)	0.0 (0)	.0184 (1.63)	0.0 (0)	0.0 (0)
Diciembre	.0258 (1.08)	0.0 (0)	.0191 (1.47)	.0239 (1.87)	0.0 (0)
Enero 92	.0228 (1.78)	0.0 (0)	.0167 (0.82)	.0159 (1.78)	0.0 (0)
Febrero	.0221 (0.41)	.0102 (2.27)	.0178 (3.63)	.0221 (2.55)	.0151 (2.27)
Marzo	.0226 (1.08)	.0090 (1.87)	0.0 (0)	.0175 (0.82)	.0210 (0.71)
Abril	.0236 (0.71)	.0131 (2.12)	.0189 (2.12)	.0230 (1.78)	0.0 (0)
MEDIA	.0251 [8.03]	.0108 [14.90]	.0193 [6.51]	.0215 [9.41]	.0155 [21.06]

() Error estándar $\times 10^{-4}$ para cada subcompartimiento.
 [] Error estándar $\times 10^{-4}$ de cada subcompartimiento en relación al total.
 FNI Fracción no identificable.

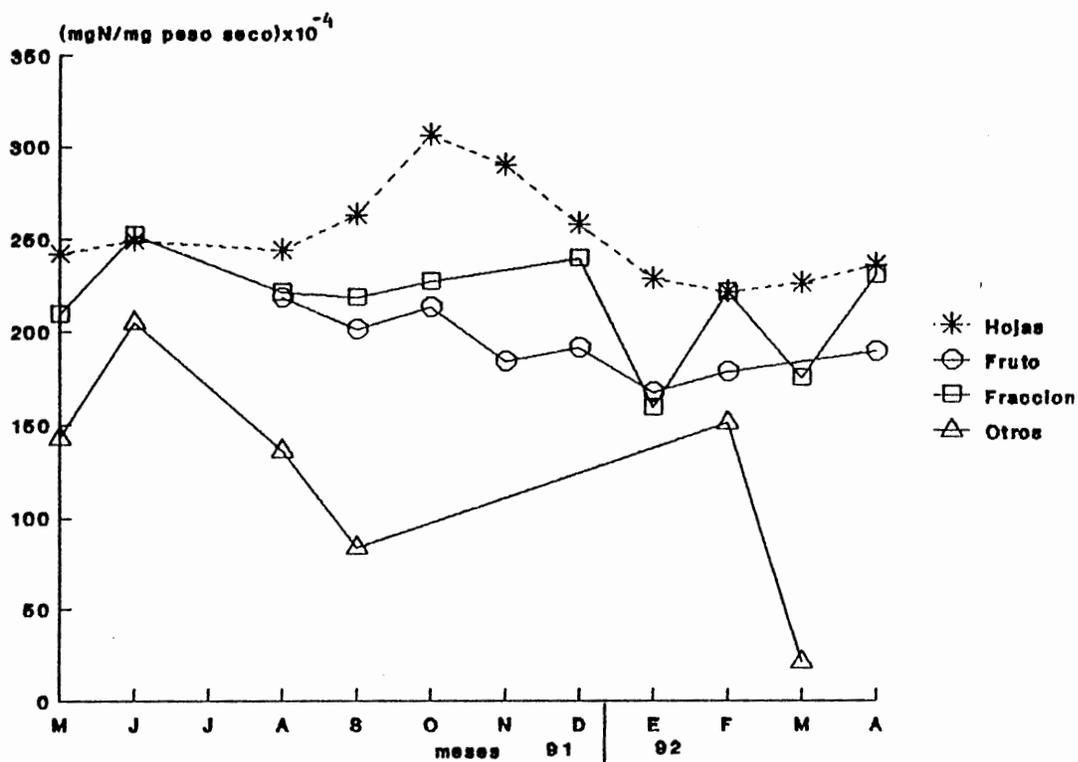


FIGURA 27. Concentración de nitrógeno (mgN/mg peso seco) de la hojarasca arrastrada por erosión.

Por otro lado la fracción no identificable y otras especies poseen una alta variabilidad anual en la concentración de nitrógeno.

Las Tablas XVI y XXI muestran como la concentración de nitrógeno en las hojas de los cafetos interceptadas es más baja, con 0.0237 mgN/mg peso seco, mientras que en las hojas arrastradas de café se encontró un valor de 0.0251 mgN/mg peso seco. Este resultado parece tener la siguiente explicación: el hecho de que la hojarasca que se arrastra tiene un contacto directo con el suelo, y aún cuando el material vegetal fue lavado antes de su procesamiento, pueden haber quedado restos del mismo, en consecuencia se produce una alteración de los resultados al realizar los ensayos químicos. Ahora bien si se considera que el nitrógeno en suelos agrícolas es muy bajo entre 0.02 - 0.5% (Campbell, 1987), lo expuesto en el párrafo anterior no parece ser la explicación para este resultado.

3.3. DESHIERBE

El deshierbe consiste en la remoción del estrato herbáceo de la parcela de cultivo, la frecuencia con que debe realizarse la "limpia" depende de las condiciones de cultivo. En general, las parcelas expuestas al sol requieren que el deshierbe se efectúe varias veces al año, principalmente antes que las malezas alcancen un gran desarrollo y en la época de sequía. De acuerdo con algunos autores en estos periodos las especies

herbáceas pueden no ser beneficiosas para el cultivo al absorber gran parte del agua y nutrimentos del suelo, necesarios para el buen desarrollo de los cafetos (Bornemiza, 1982; Durval & Fernández, cita de Navidad, 1987; García, 1988), después de la limpia se dejan como mantillo en descomposición en la parcela.

Ataroff (1990) cuantificó en éste cultivo en años anteriores $2370 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, en un sólo deshierre, aunque señala que el deshierre menor (inicio de las lluvias), no pudo ser evaluado. Durante el año de estudio se efectuó un deshierre (Figura 6) con un total de $5369.8 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, del cual $4915.4 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ corresponde a los vástagos y el resto a las raíces. Este valor supera el de biomasa total de este estrato como puede verse en la Tabla XII. Esta discrepancia sugiere un fallo en la metodología utilizada para cuantificar el deshierre. Después de arrancadas las malezas la persona que realiza esta labor las dispone en pequeños montículos dentro de la parcela, así al realizar el muestreo en estas zonas, se produce una sobreestimación de los resultados al recolectarse en el área muestreada una mayor cantidad de las hierbas. En un cafetal de sol en México, Jiménez - Avila & Martínez (1979) obtuvieron en dos deshierbes al año un total de $3963 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Del monto total de las hierbas producto del deshierre se obtuvieron $96.16 \text{ KgN} \cdot \text{ha}^{-1}$, estando la mayor parte en la biomasa aérea con $90.44 \text{ KgN} \cdot \text{ha}^{-1}$ y la parte radical sólo $5.72 \text{ KgN} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Estos valores reflejan que existe una gran acumulación de nitrógeno en éstas especies, este hecho reviste gran importancia si se considera que este nitrógeno acumulado en las plantas herbáceas, pudo haberse perdido del sistema por las principales vías de salida del nitrógeno (lixiviación, escorrentía, erosión mineral, etc.). Ahora bien, también es cierto que no todo este nitrógeno se incorpora nuevamente al suelo después de la descomposición del material vegetal, el deshierbe debe realizarse oportunamente y así las especies herbáceas no interfieran en el desarrollo normal de los cafetos.

3.4. COSECHA

El desarrollo de los frutos comienza inmediatamente después de la fecundación y en el caso de *Coffea arabica* el tiempo entre floración y maduración de los frutos es de 6 - 8 meses (Coste, 1969). En nuestro caso los frutos se forman entre abril y mayo y completan su desarrollo entre diciembre y febrero (Figura 4), por consiguiente la recolección de frutos se efectúa entre noviembre y febrero.

El monto total de la cosecha en un agroecosistema de café, no sólo es un indicador de su nivel de productividad, sino que representa una de las principales salidas de nitrógeno del sistema, por lo que constituye un compartimiento muy importante dentro del balance de este elemento. De acuerdo con Bornemisza (1982) la cantidad de nitrógeno removido por la recolección de

los frutos varía entre 25-120 KgN.ha⁻¹ y en algunos cafetales una tercera parte del nitrógeno total de la cosecha, contenido en la pulpa fresca ("Compost") retorna al suelo, lo cual equivale de 8-40 KgN.ha⁻¹.

En la parcela bajo estudio se midió un total de 5370.56 Kg.ha⁻¹ de peso seco en la cosecha. Navidad, (1987) señala un valor de 3.9 ton.ha⁻¹, para una densidad de 6031 pl/ha, lo cual es un valor bastante alto con respecto al de este estudio. Para cafetos bajo sombrero se han encontrado los siguientes resultados: 700 Kg.ha⁻¹ (Aranguren y col., 1982), 9436 Kg.ha⁻¹ en cafetos con árboles de *Cordia alliodora* y 1289 Kg.ha⁻¹ en parcelas con *Erythrina poeppigiana* (Heuvel dop y col., 1985).

La salida de nitrógeno por la exportación de los frutos alcanzó un total de 96.56 KgN.ha⁻¹, otros cultivos hacen referencia de valores que van de 11.1, 20, 49.9 y 200 KgN.ha⁻¹ (Heuvel dop y col., 1985; Aranguren y col., 1982; Navidad, 1987).

3.5. FERTILIZACION

El nitrógeno es un mineral fundamental para el crecimiento y buen desarrollo del cafeto y éste requiere de grandes cantidades; a fin de evitar el agotamiento del suelo se recurre a la fertilización química o bien se utilizan abonos orgánicos. Estudios realizados en Costa Rica revelan que con una aplica-

ción de 300 KgN.ha⁻¹ se obtiene un aumento de un 47% en la producción (Campos, 1985, cita de Navidad, 1987). Varios autores afirman que si sin sombreado se necesitan mayores cantidades de nitrógeno para obtener altas producciones, en contraposición a los sistemas bajo árboles de sombra, donde la fertilización no es tan necesaria. Las investigaciones hechas por Castillo (1961) en cafetales sombreados revelan que el factor limitante no es el fertilizante sino la baja radiación solar, la cual no es suficiente para el desarrollo de las yemas florales, siendo las intensidades de luz óptimas de 50 y 75%, tal como lo señala el autor.

De acuerdo con Bornemisza (1982), las tasas de aplicación de fertilizantes dependen de varios factores, principalmente las propiedades del suelo, clima, densidad de plantas, disponibilidad de agua, y la intensidad del manejo. Para el agricultor la cantidad de abono a utilizar depende de otros factores tales como, el precio y disponibilidad del mismo. En la mayoría de los casos la cantidad de fertilizantes agregados al cultivo fluctúan entre 100 - 300 KgN.ha⁻¹.año⁻¹.

Aunque las prácticas de fertilización varían en diferentes lugares generalmente estas se realizan en dos periodos: el primero, al inicio de las lluvias, cuando comienza el crecimiento y la floración; y el segundo, antes que los frutos estén maduros (Haarer, 1962). Por otro lado Coste (1969) sugiere que los aportes de nitrógeno deben hacerse más fraccionados de 4 -

6 dosis al año para evitar grandes pérdidas.

Durante el lapso que se realizó la experiencia el cafetal sólo fue fertilizado con úrea a comienzos de la época lluviosa (Figura 6) agregándose aproximadamente 112 gr/planta. Se determinó una concentración de nitrógeno de 0.4666 mgN/mg peso seco de la úrea, que en total equivale a 162 KgN.ha⁻¹. Otros estudios mencionan cantidades menores de incorporación de éste mineral por fertilización química; 98.31 KgN.ha⁻¹.año⁻¹ (Navidad, 1987); 80 KgN.ha⁻¹ (Alpizar y col., 1985); pero, a diferencia de nuestro caso se agregaron otros elementos nutritivos como potasio (K) fósforo (P).

Algunos investigadores asocian el descenso en el crecimiento del café después de fuerte lluvias con la deficiencia del nitrógeno, dada la alta lixiviación de los nitratos. Estudios realizados por Montoya y col. (1961, cita de Maestri & Santos Barros, 1977) en Turrialba, encontraron que altos niveles de úrea estimulan el crecimiento de los vástagos de los cafetos, posiblemente porque la úrea permanece más tiempo que el nitrato en la zona de la raíz, disminuyéndose sus pérdidas por lixiviación. La utilización de este fertilizante es discutida en general, en cualquier sistema agrícola, en vista de que se puede producir una acidificación del suelo y un aumento de los niveles de Al³⁺ y Mn²⁺ (Pupo de Moraes, 1982; Tamm, 1991), los cuales son absorbidos por el café, pudiendo en el caso del manganeso llegar a niveles tóxicos para la planta.

Además uno de los componentes de la urea, la biuretina (biuret) en concentraciones mayores de 1.5%, resulta tóxica para los cafetos (García, 1988).

4. DISCUSION GENERAL Y CONCLUSIONES

El cultivo de café de sol en estudio, presenta además de las plantas de café (*Coffea arabica* var. *bourbon* y var. *caturra*), plantas de cambur (*Musa sp.*) y plantas herbáceas, por lo tanto, la biomasa total del sistema está representada por estas especies (ver sección 2.1).

La Figura 28 permite comparar la importancia de la biomasa y la cantidad de nitrógeno en los distintos estratos que componen el cafetal. La biomasa total del agroecosistema es de 24.860 Kg.ha⁻¹; de las cuales 18.730 corresponden al café, 5423 a las plantas de cambur y 1.087 para otras especies (Figura 28a). La biomasa aérea total es de 23.350 Kg.ha⁻¹, y la mayor proporción corresponde al café con 18.079, el cambur con 4551 y otras especies 920. A nivel de la biomasa subterránea se obtuvo un total de 1.510 Kg.ha⁻¹, siendo la mayor proporción para las plantas de cambur con 692, seguido del café con 651 y por último otras especies con 167.

De la biomasa del café, los frutos y tallos representan la mayor proporción de la biomasa aérea, mientras que la mayor cantidad de raíces se encuentra en los primeros 10 cm del suelo.

En el caso del cambur las hojas (3.799 Kg.ha⁻¹) poseen la mayor cantidad de la biomasa aérea. En base a los resultados

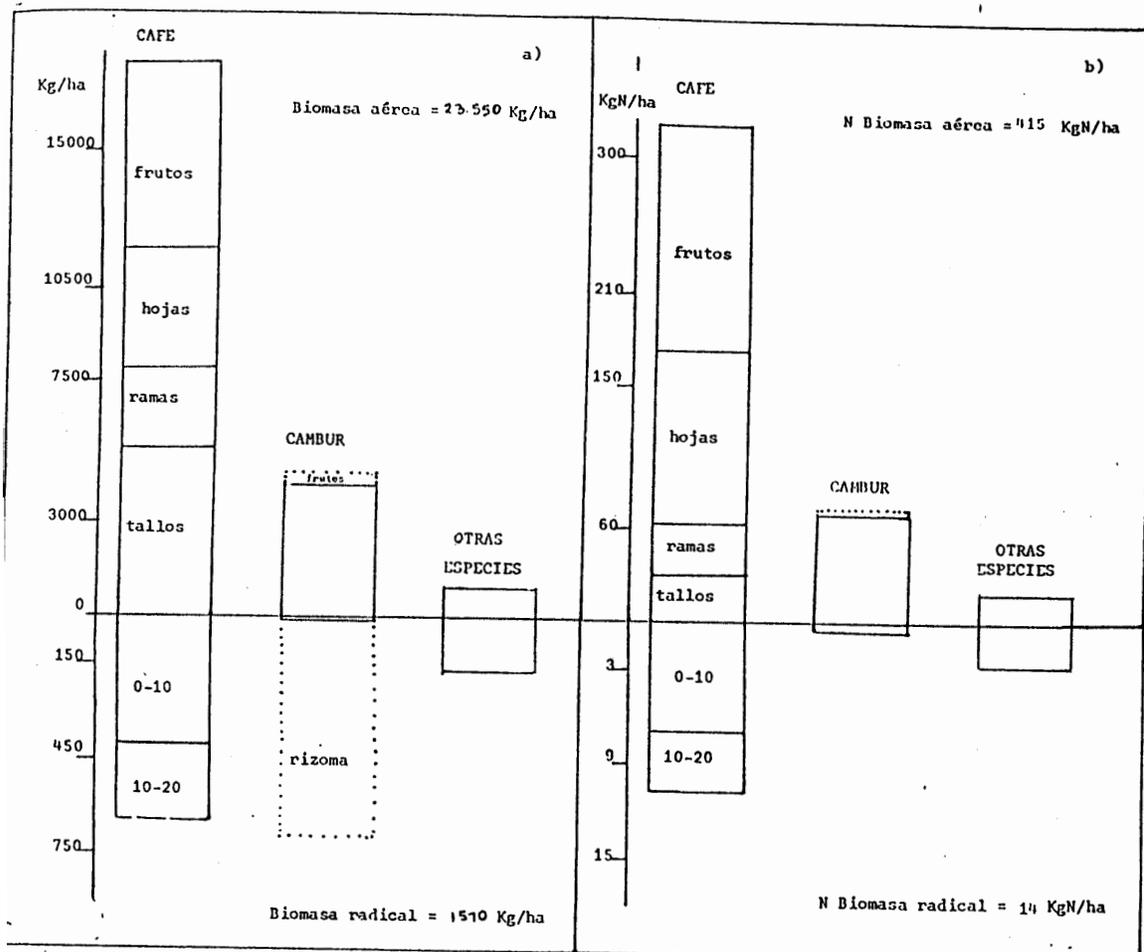


Figura 28.

Peso seco (Kg/ha) y cantidad de Nitrógeno (KgN/ha) en la biomasa aérea y subterránea de plantas de café, cambur y otras especies, en un cultivo de café de sol. Canaguá, Edo. Mérida.
 Línea punteada: estimado.

obtenidos por Twyford & Walmsley (1973) se calculó un valor medio de 7.0 Kg en peso seco para un racimo de cambures; estimándose una cantidad total de frutos para la parcela en estudio de 350 Kg.ha⁻¹. La biomasa subterránea está representada principalmente por el rizoma con un valor estimado de 682 Kg.ha⁻¹.

La biomasa total de las plantas herbáceas es bastante menor en comparación con la de café y cambur.

La cantidad de nitrógeno total de la biomasa del sistema es de 429 KgN.ha⁻¹ (Figura 28b), concentrada principalmente en las plantas de café con 337, le sigue en importancia el cambur con 72 y con menos cantidad el estrato herbáceo (20). En la biomasa aérea la cantidad de nitrógeno alcanzó un valor de 415 KgN.ha⁻¹; mientras a nivel radical se obtuvo 14 KgN.ha⁻¹, en ambos casos el café posee la más alta proporción.

Aún cuando los tallos de los cafetos poseen altos valores de peso seco, no sucede lo mismo con la cantidad de nitrógeno, siendo la mayor proporción para los frutos y hojas, en vista de que estas plantas poseen una concentración de nitrógeno muy baja en la parte leñosa (Tabla V).

Las raíces de café tienen la mayor cantidad de nitrógeno, en comparación con las de cambur y otras especies. Las raíces superficiales de 0 -10 cm tienen la mayor proporción de nitrógeno.

Las hojas de cambur tienen el más alto valor de nitrógeno en KgN.ha^{-1} , mientras que en los frutos es muy bajo. El nitrógeno en la biomasa radical no pudo ser estimado para el rizoma, por ende la gráfica sólo muestra el valor obtenido para las raíces.

Las otras especies que componen el cafetal muestran una cantidad de nitrógeno total bastante menor, con la más alta proporción en la biomasa aérea (17 KgN.ha^{-1}). A nivel de la biomasa radical el valor obtenido supera al de las raíces de las plantas de cambur.

Los resultados de la variación anual de nitrógeno en los distintos compartimientos de la hojarasca (Figura 29) revelan que la cantidad de este mineral que se pierde por hojarasca arrastrada es muy pequeña con respecto a la hojarasca caída, al mismo tiempo se encuentra una gran acumulación de nitrógeno en la hojarasca del suelo en las distintas épocas del año, siendo su valor máximo en plena época de sequía después que se ha producido una gran caída de hojarasca del dosel (Figura 29a y 29b). Siendo el valor calculado para la constante de descomposición ($K= 1,91$) bastante bajo por ello en la hojarasca acumulada en el suelo existe una gran cantidad de nitrógeno a lo largo del año. En la hojarasca del suelo la mayor cantidad de nitrógeno proviene del café.

Para entender la dinámica del nitrógeno en la fitomasa del

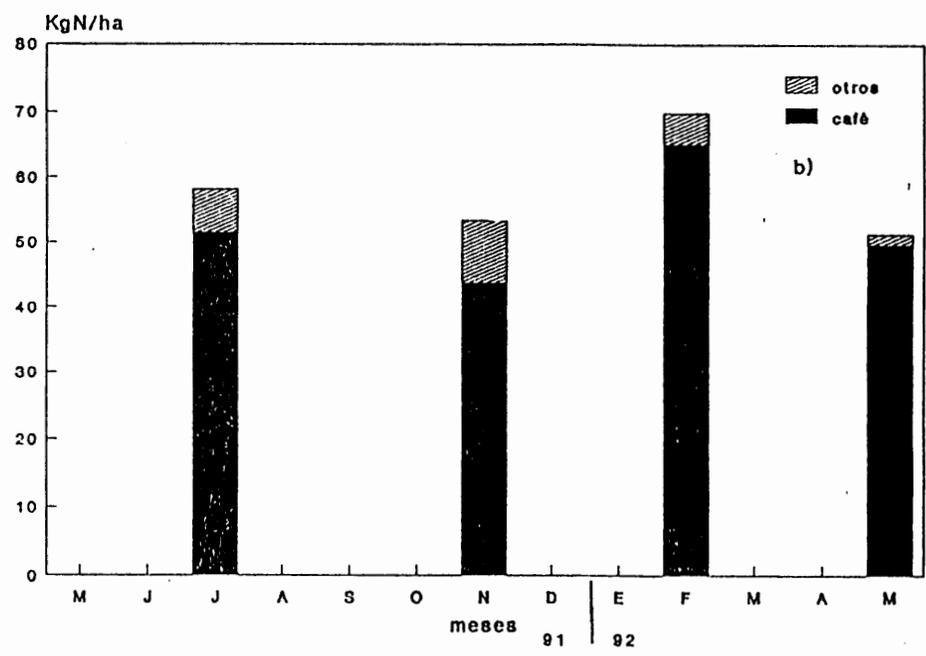
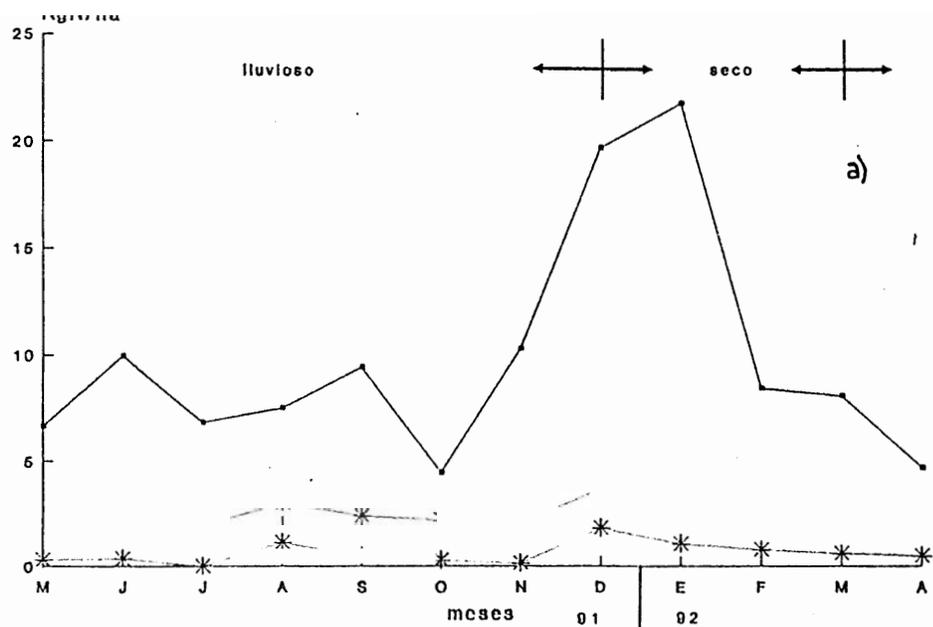


Figura 29. Cantidad de Nitrógeno (KgN/ha) en los distintos compartimientos de la hojarasca.
 a) —●— Hojarasca interceptada; *— hojarasca arrastrada.
 b) Hojarasca del suelo.

cultivo de café objeto de nuestro estudio se ha diagramado un modelo con todos los compartimientos de la fitomasa y el fertilizante donde se almacena el nitrógeno (Figura 30). Modelos muy similares para cafetales de sol y sombreados, han sido utilizados por otros autores (Aranguren y col., 1982; Fassbender y col., 1984; Navidad, 1987).

El esquema muestra los compartimientos estudiados en el presente trabajo, los cuales corresponden a:

- a. Biomasa aérea y radical del café.
- b. Biomasa aérea y radical de cambur.
- c. Biomasa aérea y radical de otras especies.
- d. Hojarasca caída.
- e. Hojarasca arrastrada.
- f. Hojarasca del suelo.
- g. Cosecha.
- h. Deshierbe.
- i. Fertilizante.

Cada compartimiento se dividió en sus correspondientes sub-compartimientos.

La biomasa aérea y radical de las plantas del cultivo presenta la mayor cantidad de nitrógeno con 337 KgN.ha^{-1} , le sigue la hojarasca caída (118 KgN.ha^{-1}) y la cosecha con 97 KgN.ha^{-1} . Estos resultados junto con el obtenido en el deshierbe (96 KgN.ha^{-1}), indican la importancia de la hojarasca en el

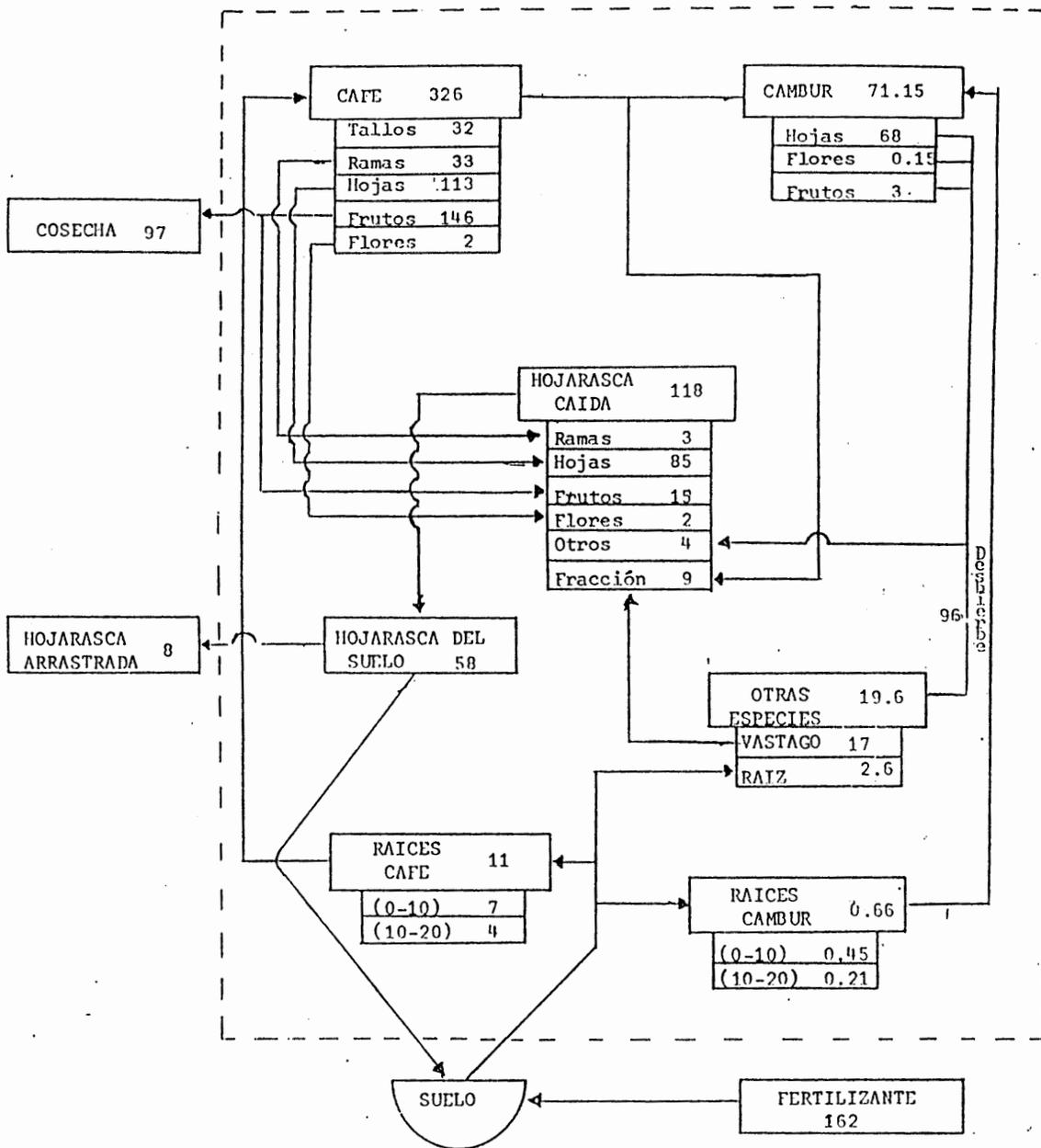


Figura 30.

Esquema de los compartimientos y subcompartimientos (KgN/ha. y KgN.ha⁻¹.año⁻¹) de la fitomasa de un cultivo de café de sol. Canaguá, Edo. Mérida.

Semicirculo: compartimiento no estudiado.

reciclaje del nitrógeno desde la parte aérea de las plantas hacia el suelo. Aún cuando el nitrógeno de la biomasa total de plantas de cambur ($71.81 \text{ KgN.ha}^{-1}$) y otras especies con 19.6 KgN.ha^{-1} , corresponde a cifras menores, no dejan de ser importantes considerando que estas plantas están tomando parte del nitrógeno del suelo que podría ser utilizado para el desarrollo de los cafetos.

En la tabla XXII se observa un balance de nitrógeno a nivel de la fitomasa. Si bien estos valores no permiten determinar un balance general de nitrógeno, da una idea de cuales son los principales componentes de la vegetación dentro de este balance. Los principales aportes al suelo son a través de la hojarasca caída (118 KgN.ha^{-1}), del deshierbe (96 KgN.ha^{-1}) y desde el exterior el fertilizante con 162 KgN.ha^{-1} , totalizando 372 KgN.ha^{-1} . Por otro lado la mayor salida se produce por la recolección de los frutos (97 KgN.ha^{-1}) y una menor cantidad por el arrastre de la hojarasca (8 KgN.ha^{-1}) que suman 105 KgN.ha^{-1} . Es notable que los aportes de nitrógeno al suelo por los componentes de la fitomasa, superan la salida por cosecha y hojarasca arrastrada. Estos resultados hacen pensar que la cantidad de úrea que se agrega al cultivo es excesiva o tal vez innecesaria, para determinar la validez o no de lo antes expuesto se discutirá en detalle cada uno de los compartimientos estudiados.

De los compartimientos estudiados la hojarasca juega un

TABLA XXII. Aportes y salidas de nitrógeno (N) en algunos compartimientos de la fitomasa en un cafetal de sol. Canaguá, Edo. Mérida.

APORTES	KgN.ha ⁻¹	TOTAL KgN.ha ⁻¹
Hojarasca interceptada	118	214
Deshierbe	96	
SALIDAS		
Hojarasca arrastrada	8	105
Cosecha	97	

Hojarasca del suelo = 58 KgN.ha⁻¹

Fertilizante = 162 KgN.ha⁻¹

papel primordial en el reciclaje de nitrógeno, siendo su aporte de gran importancia en el mantenimiento del agroecosistema de café. La caída de hojarasca está en estrecha relación con la precipitación y fenología del café siendo máxima en los meses secos, en consecuencia en este periodo también se encuentra una mayor cantidad de hojarasca del suelo incorporando nitrógeno al mismo con su consecuente descomposición y actuando como capa protectora del mismo de la alta radiación solar evitando así una alta evaporación del agua del suelo. En plena época de lluvias también se produce un aporte de nitrógeno al suelo producto del deshierbe.

Es importante hacer énfasis no sólo en los montos (KgN.ha^{-1}) de incorporación del nitrógeno sino también los periodos que se producen. El aporte de nitrógeno a través de la hojarasca interceptada es máximo en diciembre 91 y enero 92 (Figura 29a), es decir, entre 3 - 4 meses para la época de formación de hojas nuevas y flores. Aún cuando la K calculada es baja, después de este lapso de tiempo parte de la hojarasca del suelo se ha descompuesto con la consecuente liberación de nitrógeno al suelo. Tomando en cuenta que el deshierbe se realizó en agosto del 91 el mismo pudiera ser beneficioso como abono verde para la posterior maduración de los frutos, considerando que hay entre 4 a 5 meses antes de la maduración completa de los frutos.

Comparando los resultados de biomasa aérea del café (sin

frutos) de este trabajo con los de la bibliografía (Tabla III), en el cultivo estudiado este valor es menor. Todo parece indicar que no sólo es un efecto de la baja densidad de siembra, sino de la falta de una poda del café más continua, el último período en que ésta se llevó a cabo fue en noviembre de 1989 (Ataroff & Monasterio, 1994). Trabajos realizados en estaciones experimentales de café donde hay un mayor control de la poda; no sólo existe una mayor biomasa, sino que la mayor proporción de ésta corresponde a las ramas (Aranguren, 1979; Golberg & Jiménez - Avila, 1982; Alpizar y col., 1985; Navidad, 1987), lo cual reviste gran importancia dado que las flores se desarrollan principalmente en ramas jóvenes, por lo tanto, un buen control de eliminación de las ramas viejas (improductivas) conlleva a obtener, en general, una mayor producción de frutos.

En base a lo antes expuesto la baja proporción de las ramas donde se desarrollan las flores pudiese ser uno de los factores de la baja productividad sin destacar otros que también influyen directa o indirectamente sobre la producción. Esta aseveración se refleja en la baja proporción de frutos cosechados por planta (1.7 kg/planta) aún siendo variedades de café de sol que son más productivas. El valor obtenido en este estudio es muy similar con los obtenidos para cafetos de sombra, de 1.9 y 2.5 kg/plantas (Heuveloop y col., 1985), y difiere notablemente el señalado por Navidad (1987) de 6.4 kg/planta para plantas de café expuestas al sol.

Tal como se ha discutido en la sección 3.3 las especies herbáceas inmovilizan gran cantidad de nitrógeno, hasta que son eliminadas de la parcela para luego incorporarse nuevamente, y con su posterior descomposición liberar parte de ese nitrógeno al suelo. Tomando en cuenta la fenología de los cafetos y las planta herbáceas, el régimen de precipitación, los períodos de fertilización, etc., las malezas deben eliminarse antes del crecimiento del café, es decir, a comienzo de las lluvias más aún si en esta época es abonado el cafetal para evitar que las hierbas tomen parte del nitrógeno del fertilizante.

En relación a la fertilización la cantidad que el agricultor suministra parece ser excesiva, tal como se discutió en párrafos anteriores en referencia a lo expuesto en la Tabla XXII. Las salidas de nitrógeno por cosecha y arrastre de hojarasca representan sólo el 49% del aporte total de la hojarasca, por tanto la fertilización inorgánica en este cafetal no parece ser necesaria, mas aún si se considera que la úrea sólo posee nitrógeno y no otros elementos nutritivos, además dada su propiedad de acidificar el suelo (Pupo de Moraes, 1982; Tamm, 1991) que si bien no afecta el desarrollo de las plantas no favorece la actividad de los microorganismos del suelo.

A nivel del agroecosistema del café objeto de nuestro estudio para afirmar que no hay necesidad de suministrar nitrógeno a través de la fertilización química, es importante

determinar las salidas de este mineral por otros componentes del ecosistema.

En conclusión, en este tipo de cafetal, el reciclaje interno del nitrógeno es suficiente para el mantenimiento del sistema.

Para determinar el balance de nitrógeno del agroecosistema es necesario realizar otras mediciones tanto de entradas como de salidas de este mineral por otros componentes del sistema, tales como: precipitación, nitrógeno disponible del suelo, como fuentes; escurrimiento, drenaje, erosión mineral y lixiviación como salidas.

5. BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO, D. (1994). Metodologías para la determinación del nitrógeno en materiales ecológicos. Postgrado de Ecología Tropical. CIELAT. Universidad de Los Andes. Mérida. 26 pp.
- ADRIANI, A. (1989). Labor Venezolanista Venezuela, la crisis y los cambios. Academia Nacional de Ciencias Económicas. Caracas.
- ALLEN, S. E. (1974). Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Publications Oxford.
- ALPIZAR, L; H. W. FASSBENDER; J. HEUVELDOP; G. ENRIQUEZ & H. FÜLSTER. (1985). Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con Laurel (*Cordia alliodora*) y con Poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. I. Biomasa y reservas nutritivas. TURRIALBA, 35 (3): 233-242.
- ARANGUREN, J. (1979). Contribución de la caída de hojarasca al ciclo de nutrientes en cultivos bajo árboles de sombra (Café y Cacao). Tesis de Maestría. IVIC. Caracas.
- ARANGUREN, J; G. ESCALANTE & R. HERRERA (1982). Nitrogen cycle of tropical perennial crops under shade trees. I. Coffee. En ROBERTSON, G. P.; R. HERRERA & T. ROSWALL (eds). Nitrogen cycling in Ecosystems of latin América and the Caribbean. Plant and soil, 67: 247-258.
- ATAROFF, M(1990). Dinámica hídrica, de nutrientes y erosión en dos formas de manejo del cultivo de café en los Andes del Edo. Mérida. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de los Andes. Mérida.
- ATAROFF, M. & M. MONASTERIO. (1994). Changes in soil erosion related to the management of coffe cultures in the Venezuelan Andes. Annals of workshop on soil erosion processes on steep lands evaluation and modelling. Mérida
- BORNEMISZA, E (1982). Nitrogen cycling in coffee plantations. En ROBERTSON, G. P.; R. HERRERA & T. ROSSWALL (eds). Nitrogen in Ecosystems of Latin America and the Caribbean. Plant and soil, 67: 241-246.
- BRAY, R. J. & E. GORHAM. (1964). Litter production in forest of the world. En Advances in Ecological Research. Vol. 2. Academic Press. New York. 260 pp.
- BROUWER, R. (1962). Nutritive influences on the distribution of dry matter in the plant. NETHERLANDS JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE, 10 (5): 399-408.

- CAMPBELL, R. (1987). *Ecología Microbiana*. Editorial Limusa. 268 pp.
- CANNELL, M. G. R. (1971). Production and distribution of dry matter in trees of *Coffea arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and the presences of fruits. *ANNALES OF APPLIED BIOLOGY*, 67: 99-120.
- CASTILLO, Z. J. (1961). Ensayo de análisis del crecimiento del café. *CENICAFE*, 12 (1): 1-16.
- CARVAJAL, J. F; A, ACEVEDO & C. A. LOPEZ (1969). Nutrient uptake by the coffee tree during a yearly cycle. *TURRIALBA*, 19 (1): 13-20.
- CHAPIN, F. S. (1980). The mineral nutrition of wild plant. *ANNUAL REVIEW OF ECOLOGICAL SYSTEMATICS*, 11: 233-260.
- COSTE, R. (1969). *El café*. Editorial Blume. Barcelona.
- FASSBENDER, H. W; L. ALPIZAR; J. HEUVELDOP; G. ENRIQUEZ & H. FÖLSTER. (1985). Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con Laurel (*Cordia alliodora*) y con Poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. III. Modelos de la materia orgánica y los elementos nutritivos. *TURRIALBA*, 35 (4): 403-413.
- GARCIA, A. N. & J. HENAO (s.f.). *El cultivo de café en Venezuela*. Extensión Agrícola N° 23. Serie C. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas. Venezuela.
- GARCIA, A. N (1988). *Cafetales y café*. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas. Venezuela. 224 pp.
- GUISCAFRE - ARRILLAGA & L. GOMEZ. (1942). Studies of the root systems of *Coffea arabica* L. Part III. Growth and distribution of roots of 21 year - old tree in Catalina Claysoil. Puerto Rico University. *JOURNAL OF AGRICULTURE*, 22 (2): 227-262.
- GOLBERG, A. D. & JIMENEZ-AVILA, E. (1982). Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero. IV. Distribución de la biomasa aérea en diferentes estratos del cafetal. En: JIMENEZ-AVILA, E. & GOMEZ-POMPA (eds). *Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero*. Editorial Continental, S.A. (CECSA). México.
- HAARER, A. E. (1962). *Modern coffee production*. Leonard Hill. Londres. 495 pp.
- HAQUE, I. & GODFREY-SAM-AGGREY (1980). Nutritional survey of coffee and cacao groves in Sierra Leone. *COMMUNICATIONS IN SOIL SCIENCE AND PLANT ANALYSIS*, 11 (5): 485-505.

- HERRERA, R; C. F. JORDAN; H. KLINGE & E. MEDINA (1978) Amazon ecosystem. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *INTERCIENCIA*, 3 (4): 223-232.
- HEUVELDOP, J; L. ALPIZAR; H. W. FASSBENDER; G. ENRIQUEZ & H. FÜLSTER. (1985). Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con Laurel (*Cordia alliodora*) y con Poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. II. Producción agrícola maderable y de residuos vegetales. *TURRIALBA*, 35 (4): 347-355.
- HUERTA, A. (1964). Epoca del muestreo y par de hojas representativo del estado nutricional del cafeto. *TURRIALBA*, 14 (2): 63-70.
- JIMENEZ-AVILA, E. & P. MARTINEZ (1979). Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero II. Producción de materia orgánica en diferentes tipos de estructura. *BIOTICA*, 4:109-126.
- JIMENEZ-AVILA, E (1982). Comparación de la producción de materia orgánica de un bosque caducifolio y el cafetal. En JIMENEZ-AVILA, E. & GOMEZ-POMPA (eds). Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero. Editorial Continental, S.A. (CECSA). México.
- LEE, J. A. & G.R. STEWART (1978). Ecological aspects of nitrogen assimilation. *ADVANCES IN BOTANICAL RESEARCH*, 6 (143): 2-43.
- MAESTRI, M. & R. SANTOS BARROS. (1977). Coffee. En: ALVIM, P. & T. T. KOZLOWSKI. (eds). *Ecophysiology of Tropical crops*. Academic Pres New York.
- MARRS, R. H; R. D. ROBERTS; R. A. SKEFFINGTON & A. D. BRADSHAW. (1983). Nitrogen and the development of ecosystems. En LEE, S. A; S. MC NEILL & I. H. RORISON (eds). *Nitrogen as an ecological factor*. Blackwell Scientific Publication Oxford.
- MULLER, L (1961). Un aparato Micro-Kjeldhal simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. *TURRIALBA*, 11 (1): 17-25.
- NAVIDAD, E (1987). Estimación del balance de Nitrógeno en una plantación de café cultivada a exposición solar. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- NORMAN, M. J.; C. J. PEARSON & P. G. E. SEARLE. (1984). *The ecology of tropical food crops*. Cambridge University Press. Cambridge. 369 pp.

- NOSTI, J (1963). Cacao, café, té. Colección SALVAT. Barcelona. España.
- OLSON, R. A. & L. T. KURTZ (1982). Crop nitrogen requirements utilization, and fertilization. In STEVENSON, F. (ed). Nitrogen in agricultural soil. Agronomy N° 22. Madison. USA.
- PATE, J. S. (1983). Paterns of nitrogen metabolism in higher plants and their ecological factor. En LEE, S. A; S. MC NEILL & I. H. RORISON (eds). Nitrogen as an ecological factor. Blackwell Scientific Publication Oxford.
- PUPO DE MORAES, F. R. (1982). Adubacao do cafeeiro macronutrientes e adubacao orgânica. En: MALAVOLTA, E; T. YAMADA & J. A. GUIDOLIN. (eds). Nutricao e adubacao do cafeeiro. Instituto Internacional da Potassa. Piracicaba. Monsanto Editora Gráfica.
- RAMIREZ, R; O. HADBAD; G. LABOREAU & S. ALBARRAN (1978). Acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio en el tejido foliar del banano (*Drawf cavendish*) en el Edo. Aragua. AGRONOMIA TROPICAL, 28 (5): 421-433.
- SANTANA, M. B. M. & P. CABALA-ROSANA (1982). Dynamics of nitrogen in a shaded cacao plantation. En ROBERTSON, G. P.; R. HERRERA & T. ROSSWALL (eds). Nitrogen in Ecosystems of Latin América and the Caribbean. Plant and soil, 67: 271-281.
- SANTOS-BARROS, R. & M. MAESTRI. (1972). Perioricidad del crecimiento en café. REVISTA CERES, 19 (106): 424-448.
- SARMIENTO, G. (1984). Los ecosistemas y la ecosfera. Editorial Blume, S.A. Barcelona. 268 pp.
- SIMMONDS, N. W. (1973). Los Plátanos. Editorial BLUME. Barcelona. España. 539 pp.
- SUTCLIFE. J. & D. BAKER. (1979). Las plantas y las sales minerales. Cuadernos de biología. Ediciones Omega. Barcelona. 67 pp.
- SWIFT, M. J.; O. W. AEAL & J. M. ANDERSON. (1979). Descomposition in Terrestrial ecosystems. Blackwell. Oxford. 372 pp.
- TAI, E. A. (1977). Banana. En: ALVIM, P. & T. T. KOZLOWSKI. (eds). Ecophysiology of Tropical crops. Academic Press. New York.

- TAMM, C. O. (1991). Nitrogen in terrestrial Ecosystems. Question of productivity, vegetational changes and ecosystem stability. BILLINGS, W. D.; F. GOLLEY; O. L. LANGE; J. S. OLSON & H. REMMERT (eds.). En Ecological Studies. Series. Vol. 81. Springer - Verlag. 115 pp.
- TWYFORD, I. T. & D. WALMSLEY (1973). The mineral composition of the robusta banana plant. I Methods and plant growth studies. PLANT AND SOIL, 39 (2): 227-243.
- TWYFORD, I. T. & D. WALMSLEY (1974a). The mineral composition of the robusta banana plant. II The concentration of mineral constituents. PLANT AND SOIL, 41 (3): 459-470.
- TWYFORD, I. T. & D. WALMSLEY (1974b). The mineral composition of the robusta banana plant. III Uptake and distribution of mineral constituents. PLANT AND SOIL, 41 (3):471-491.
- WEBSTER, C. C. & P. N. WILSON. (1980). Agriculture in the tropics. Longman. Londres. 640 pp.