

00381



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

27

1
lej.

ECOLOGIA DEL AGROECOSISTEMA
CAFETALERO

EJEMPLAR UNICO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGIA)
P R E S E N T A
EPIFANIO JIMENEZ AVILA
MEXICO, D. F.

1981



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A LA MEMORIA DE MI MAESTRO:

DR. ALFREDO BARRERA MARIN

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento al Dr. Arturo Gómez-Pompa, por el asesoramiento y apoyo que me brindó, durante el desarrollo del estudio ecológico.

A los maestros: Ma. Luisa Ortega D.; Betriz Gómez Lepe; Nicolás Aguilera Herrera; Carlos Vázquez Yañes; Silvia del Amo y Ana Luisa Anaya-Lang, quienes fueron tan amables en revisar el manuscrito.

Agradezco al personal de campo, su colaboración en la realización de éste trabajo; a la Srita. Luz Ma. Trejo Franceschy, por su excelente trabajo mecanográfico y al personal del Programa Agroecosistemas por su valiosa amistad.

Expreso mi agradecimiento a las siguientes instituciones:

- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por otorgarme la beca para realizar los estudios de Doctorado en la Facultad de Ciencias (UNAM).
- Al Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos (INIREB) por el apoyo para realizar éste trabajo.
- Al Centro de Ecodesarrollo (CECODES) por la ayuda económica que otorgó al INIREB. Parte de estos estudios están enmarcados dentro del proyecto estrategias de Ecodesarrollo para las Zonas Cafetaleras Mexicanas que CECODES tiene bajo su responsabilidad, con el financiamiento del Instituto Mexicano del Café (INMECAFE) y el Programa Nacional de Ecología del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

Con gratitud y amor, para con las siguientes per-
sonas:

A mis padres y hermanos

Para Auri

A Leonardo y Arturo

A Paulino:

Me celebro y me canto a mí mismo.
Y lo que yo diga ahora de mí, lo digo de tí,
porque lo que yo tengo lo tienes tú
y cada átomo de mi cuerpo es tuyo también.

Vago... e invito a vagar a mi alma.
Vago y me tumbo a mi antojo sobre la tierra
para ver cómo crece la hierba del estío.
Mi lengua y cada molécula de mi sangre
nacieron aquí,
de esta tierra y de estos vientos.
Me engendraron padres que nacieron aquí,
de padres que engendraron otros padres
que nacieron aquí,
de padres hijos de esta tierra y de estos
vientos también,
y no terminaré mi canto hasta que me muera.

(Walt Whitman)

A mis amigos:

Deben enseñarles a sus hijos que el suelo que pisan
son las cenizas de nuestros abuelos. Inculquen a sus
hijos que la tierra está enriquecida con la vida de
nuestros semejantes a fin de que sepan respetarla.
Enseñen a sus hijos que nosotros hemos enseñado a los
nuestros que la tierra es nuestra madre. Todo lo que
le ocurra a la tierra les ocurrirá a los hijos de la
tierra. Si los hombres escupen en el suelo, se escupen
a sí mismos.

Esto sabemos: la tierra no pertenece al hombre;
el hombre pertenece a la tierra. Esto sabemos, Todo
va enlazado, como la sangre que une a una familia.
Todo va enlazado.

Todo lo que le ocurra a la tierra les ocurra a los
hijos de la tierra. El hombre no tejó la trama de
la vida; él es sólo un hilo. Lo que hace con la trama
se lo hace a sí mismo.

(De la carpeta informativa del Programa
NUMA: 5 de Junio de 1976. Día mundial
del Medio Ambiente)

C O N T E N I D O

RESUMEN

SUMMARY

I. INTRODUCCION

1. ¿Qué es un Agroecosistema?
2. El Agroecosistema Cafetalero
 - Antecedentes históricos
 - La primera etapa del cultivo
 - Como cultivo perenne
 - Descripción del agroecosistema
 - Algunos aspectos agronómicos
3. Ecología del Agroecosistema Cafetalero
 - Los problemas ecológicos
4. Objetivos
 - El bosque caducifolio
 - Estructura del agroecosistema
 - Producción de materia orgánica
 - El balance hídrico del cafetal

II. METODOLOGIA

1. Localización
2. Clima
3. Geología y Perfiles de Suelo
4. Descripción del Bosque
5. Selección de Estructuras del Cafetal
6. Distribución y Determinación de la Biomasa Aérea
7. Cuantificación de la Producción de Materia Orgánica
 - En el bosque caducifolio
 - En los distintos tipos de cafetal
 - Comparación de la producción de materia orgánica
8. El Balance Hídrico del Cafetal

III. RESULTADOS Y DISCUSION

1. Descripción de Perfiles de Suelo
 - Bosque caducifolio
 - En la finca cafetalera La Orduña Coatepec, Ver.
 - De un cafetal en Teocelo, Ver.
2. Estructura y Producción de Materia Orgánica del Bosque Caducifolio
 - Descripción del bosque
 - Aporte de materia orgánica
 - Producción estacional
 - Discusión
3. Estructura y Producción de Materia orgánica del Agroecosistema
 - A. Descripción de la estructura
 - Discusión
 - B. Distribución y estratificación de la biomasa aérea
 - C. Producción de materia orgánica
 - Discusión
4. Comparación de la Producción de Materia Orgánica del Bosque y el Cafetal
 - Discusión
5. El Balance de Agua en el Cafetal
 - Precipitación
 - Evapotranspiración
 - Contenido de agua del suelo
 - Discusión
6. Discusión General
 - A. Estructura del agroecosistema
 - B. Producción de hojarasca
 - C. Comparación de la hojarasca en ecosistemas forestales

IV. LITERATURA CONSULTADA

RESUMEN

El objeto de éste trabajo, consistió en obtener información científica respecto a la ecología del agroecosistema cafetalero. Dada la diversidad de este tipo de agroecosistema, decidimos seleccionar cafetales con diferentes manejos, para conocer la influencia del hombre en la estructura (distribución, estratificación y biomasa de los componentes del cafetal), su importancia en los procesos funcionales (producción de materia orgánica, flujo de agua y circulación de los nutrimentos) y en la producción del café en cereza en México.

El área de estudio se localiza en la zona cafetalera de Coatepec, Ver., situada en la parte central del Estado.

El procedimiento consistió en seleccionar 0.16 Ha de bosque caducifolio y para cada uno de los tipos de cafetal. Cada una de las áreas se dividió en subunidades de 5 x 5 m, y se estudió en ellas la distribución horizontal, la estratificación y se identificaron las especies herbáceas de cada tipo de estructura. En la determinación de la biomasa aérea, se eligieron diferentes métodos según el estrato estudiado. Para cuantificar la materia orgánica, seleccionamos los siguientes métodos: 1) el de la cosecha total para calcular la producción de materia orgánica del estrato herbáceo; 2) el de correlación para estimar el aporte de materia orgánica de las plantas de plátano, y 3) el uso de colectores de hojarasca para los cafetos, árboles de sombra y árboles del bosque caducifolio. En la estimación de los componentes del balance de agua, se realizaron muestreos de suelo; se instalaron tensiómetros y pluviómetros, y se elaboró un programa en lenguaje Fortrán.

Los resultados sobre la estructura, indican que el conocimiento de los componentes resulta útil para entender

la influencia que tienen los árboles de sombra en la presencia del estrato herbáceo, la aportación de materia orgánica, el flujo de agua y la producción del café en cereza. Con respecto a la producción de materia orgánica, los cafetos no aportan grandes cantidades de hojarasca como sucede con los plátanos y los árboles de sombra. Por lo tanto, el cafetal a la sombra presenta los suelos de mejor calidad agrícola, en comparación con el cultivo al sol, donde resulta bajo el aporte de hojarasca al suelo.

En el análisis de varianza se determinó que no hay diferencias significativas entre la producción de materia orgánica del bosque caducifolio y el cafetal con árboles de sombra. Respecto al comportamiento hídrico, se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tipos de estructura, en el cultivo al sol, ocurre la mayor evapotranspiración, la cual está en relación con la periodicidad climática, en comparación con el cultivo con sombra de *I. lep toloba* donde se aprecia uniformidad en las pérdidas de agua por evapotranspiración en los cafetales con árboles de sombra de chalahuite, también se observa un equilibrio hídrico.

Palabras clave: Agroecosistemas, estructura, biomasa, producción de materia orgánica, hojarasca, balance de agua, tensiómetros, pluviómetros y evapotranspiración, café en cereza, plátano, *Inga*, Veracruz y bosque caducifolio.

SUMMARY

The objective of this study was to obtain scientific information regarding the ecology of the coffee agro-ecosystem. Since this type of system is very diverse, coffee plantations under different types of management were selected in order to study the effect of man on structure (distribution, stratification and biomass of the components), the importance of functional processes (production of organic matter,

hydrologic and nutrient cycles) and the production of coffee berries in Mexico.

The study area is located in the coffee producing area of Coatepec, Ver., located in the central portion of the state.

Study areas of 0.16 ha of deciduous forest and of each of the different types of coffee plantation were selected and were divided into subunits of 5 by 5 m. The distribution of the horizontal and vertical components of each area was analyzed. Herbaceous species were also identified. Several methods were used for the determination of aerial biomass: 1) the total crop method for the calculation of the production on organic matter by the herbaceous layer; 2) correlation coefficients for the estimation of the production of organic matter by banana plants; and 3) litter fall collectors for the coffee, introduced shade and deciduous forest trees.

Soil samples were taken to determine soil water content by gravimetric methods. Raingages and tensiometers were also installed to contribute toward the estimation of the hydrologic balance, which was calculated by means of a program written in FORTRAN.

The analysis of structure has provided useful results regarding the influence of shade trees within the coffee plantation on the presence of an herbaceous layer, the production of organic matter, water flow and the production of coffee berries.

Coffee trees do not supply large quantities of litter, as do the banana and shade trees, this leads to the presence of high quality soils for agriculture in plantations with an agro-forest type of management, in comparison to

plantations without shade where the supply of leaf-litter to the soils is much less.

No significant differences were found between the production of organic matter within the deciduous forest and within the agro-forestry system, according to an analysis of variance. Significant differences were found between the hydrologic cycles for each of the different structural types. In the plantation without shade the maximum evapotranspiration is related to climatic cycles, whereas in the plantation with *I. leptoloba* water loss per unit is uniform in time. Coffee plantations managed with "chalahuite" exhibit a hydrologic equilibrium not present in the other systems examined.

Key word: Agroecosystem, structure, biomass, organic matter production, litter, water balance, tensiometer, rain gauges, evapo-transpiration, coffee, banana, *Inga*, Veracruz. deciduous forest.

I.1. ¿QUE ES UN AGROECOSISTEMA?

Los conocimientos ecológicos han producido notables avances en el concepto de ecosistema (Jordan y Medina, 1978); sin embargo, no existe unanimidad de criterios en cuanto al concepto agroecosistema. La siguiente revisión bibliográfica es un ejemplo de algunas opiniones respecto al concepto agroecosistema.

El grupo INTECOL (1975) cita como antecedente más antiguo del enfoque agroecológico, al libro Agricultural Ecology (1956) del ecólogo italiano Girolamo Azzi. Posteriormente, Tishler (1965) publica Agrarokologie, Estas publicaciones constituyeron los antecedentes del enfoque ecológico en el estudio de las adaptaciones de los cultivos, la lucha contra las plagas y mencionan la importancia ecológica de las áreas agrícolas.

Al inicio de la década de los 70's aumentó la preocupación de la influencia del hombre sobre el medio. Las razones de trabajar en el análisis de los agroecosistemas se basaron en:

1. La existencia de áreas destinadas a la agricultura donde se acumularon restos de contaminantes industriales, tales como los productos azufrados que afectaban la productividad agrícola (Kovda, 1975).
2. Los efectos deletereos que se presentaron en numerosas áreas agrícolas, como una consecuencia de las aplicaciones masivas y prolongadas de fertilizantes, tal como se realizan en la agricultura industrial (IAEA, 1974).
3. Los indicadores de una divergencia importante que

se producirá en numerosos países, dentro de pocos años, entre el incremento de la producción agropecuaria y el incremento demográfico (Intecol, 1975).

Markov (1974) presentó algunas características principales del análisis de los agroecosistemas. El autor distinguió varios componentes estructurales, tanto bióticos como abióticos. Señaló tres tipos principales de interacciones entre los organismos en el agroecosistema: a) Las tróficas; b) las relaciones con las condiciones ambientales (alelopatía, la influencia sobre microclimas, etc.) y c) la influencia de factores externos, incluyendo la acción de las actividades humanas sobre los organismos. Estas interrelaciones forman una complicada red, que en última instancia, determina el funcionamiento del agroecosistema (INTECOL, 1975).

Utilizando la metodología del análisis de los sistemas agronómicos, Ryszkowski (1974) coordinó un trabajo en Polonia, con un numeroso equipo de colaboradores. Como producto de las experiencias acumuladas durante sus investigaciones, Ryszkowski (1975) elaboró la siguiente definición del agroecosistema: "Los campos cultivados son ecosistemas mantenidos por la intervención humana en una etapa temprana de la sucesión, con una estructura simple, con bajo costo energético en la producción de la biomasa y con ciclos abiertos en la circulación de los nutrientes. En estos ecosistemas, el costo para mantenimiento de la estabilidad de los sistemas, depende del manejo. El hombre influye prácticamente en todo proceso que se desarrolla en el ecosistema".

Los estudios desarrollados en Japón (Iwaki, 1974), demostraron que la productividad primaria neta de diferentes agroecosistemas, que incluían especies cultivada, era similar y en algunos casos, mayor que la de ecosistemas forestales naturales.

Resultados semejantes obtuvo Rauner (1972) en la URSS, quien determinó la utilización de la energía solar y el agua en un bosque de encinos, una estepa herbácea y un agroecosistema con cebada. Las condiciones climáticas de estas comunidades eran similares y estaban situadas en sue los Chernozem. El bosque interceptaba mayor cantidad de energía que la estepa y el agroecosistema. En cambio, la producción neta en relación a la energía interceptada por el ecosistema, era mayor en el agroecosistema.

En regiones húmedas del trópico, pueden citarse los trabajos de Somarwoto (1974) en Indonesia, como ejemplo de estudios en un agroecosistema tradicional, en el cual, el hombre es parte integrante de la cadena trófica y contri buye a la recirculación de los nutrimentos mediante la in-corporación de los desperdicios al sistema. El autor con-cluye diciendo que muchos de los programas de desarrollo que se realizan actualmente en el área rural, están modifi cando de manera perjudicial, los mecanismos de recirculación en estos agroecosistemas.

Ferri (1974), describió el desarrollo de un nuevo sistema agrícola en Brasil, en relación con la deforestación de grandes áreas, observó que si los nuevos agroecosistemas establecidos eran inestables, podrían reconvertirse en áreas forestales.

Frissel (1978), menciona que "un ecosistema agrícola es una organización de recursos, manejados en una mayor o me nor extensión, por el hombre, con la producción de alimentos como uno de sus principales objetivos (la maximización del beneficio debe ser reconocida por el operador, como su prin cipal meta).

La misma característica de falta de unificación de

críterios en diferentes países, también existe en México. Márquez (1977) refiriéndose a los agroecosistemas dice: "Una tendencia actual de la investigación agrícola en varios países del mundo es la de estudiar los sistemas de producción en forma integral, el tratar de conocer los distintos elementos bióticos y abióticos que se encuentran interactuando en el ecosistema y conocer con mayor precisión la eficiencia de todo el sistema, en relación a entradas y salidas en materia y energía. Este tipo de investigaciones está dado por los avances de las ciencias ecológicas, que han venido apuntando nuevas formas de entender la eficiencia en la producción agrícola o ganadera, medida no en términos económicos, sino en términos ecológicos en relación con las entradas y salidas de materia y energía, y también en relación con la estabilidad de los agroecosistemas a través del tiempo".

Para Cuanalo de la Cerda (1970) "el agroecosistema se describe dentro de un agro-habitat con los factores que actúan a través del tiempo, en especial con los limitativos de la producción. Estos factores incluyen la historia del manejo del área para cada ciclo vegetativo, los insumos, la mano de obra, la cantidad de lluvia, el número y magnitud de los riesgos, los meteoros, la incidencia de plagas y enfermedades y la producción". De acuerdo con el autor, los agroecosistemas se describen "en base a funciones de producción y modelos de simulación".

Kohashi (1977) pone énfasis en el factor humano al escribir "un ecosistema en donde interviene la mano del hombre tiene como motivo fundamental el manejo de los recursos naturales renovables para obtener productos y cubrir sus necesidades".

De acuerdo con Márquez Sánchez (1976), "los agroeco-

sistemas son determinados por el medio físico y las condiciones sociales de las poblaciones humanas enclavadas en esa diversidad ecológica".

Por su parte, Sarukhán (1977), reunió los diferentes componentes de un sistema agroecológico en tres; los cuales son: a) el componente biológico, constituido por las especies silvestres o domesticadas usadas por el hombre, que tienen relación directa con el segundo componente y con sus dos subcomponentes; b) el socio-cultural, en cuanto a la forma en que las relaciones de uso han modificado a los elementos biológicos y estos, a su vez, han moldeado la organización y las tradiciones alimenticias y la cultura general del hombre y c) al socioeconómico, que surge como consecuencia de las relaciones dentro y entre las culturas que estuvieron fundamentadas en sus principios en las interacciones de los componentes biológicos y antropológicos.

1.2 EL AGROECOSISTEMAS CAFETALERO

ANTECEDENTES HISTORICOS

Cuando nos preguntamos cual es la situación actual de la cafecultura en México, la respuesta sería parcial, porque se requiere de un análisis histórico como marco de referencia. El proceso histórico no es una leyenda romántica como se muestra en los testimonios de las primeras plantaciones en el Estado de Veracruz, es parte de un capítulo de la colonización de los bosques, selvas, de áreas cultivadas con la agricultura tradicional, o sea, el maíz asociado al frijol, yuca, calabaza, etc., es un desplazamiento de ecosistemas naturales y de la producción de alimentos. Cuando en México los agricultores se decidieron a desarrollar la cafecultura como un cultivo extensivo, sin contar con la orientación técnica, solamente estimulados por los precios

remuneradores del grano en el mercado exterior, transformaron los bosques y selvas. En un principio se plantaron los cafetos entre la selva parcialmente talada, este proceso es similar en otros países de América Latina, inclusive aún se realiza en algunas partes de la Selva Lacandona. En otros casos, las culturas autóctonas que aceptaron la introducción del cafeto, seleccionaron las diferentes especies de árboles de sombra, aprovechando las experiencias que tenían en otros cultivos, por ejemplo, los árboles de sombra de las plantaciones de cacao. Posteriormente las técnicas agronómicas dedicadas al estudio del mejoramiento del café en cereza, seleccionaron las especies que consideraron más adecuadas como reguladoras de la sombra en los cafetales, hasta lograr la selección de algunas especies del género *Inga*. Con la selección agronómica de los árboles de sombra, se sustituyeron gradualmente los componentes originales de las selvas y bosques, en otros casos, desplazaron otras leguminosas como el género *Glinicidia*, conocido como "árbol madre del cacao" y que algunas veces se observa en cafetales de los Estados de Tabasco y Chiapas. En el género *Inga*, existe una gran riqueza de especies (León, 1966), pero pocas se utilizan como árbol de sombra del cafetal.

LA PRIMERA ETAPA DEL CULTIVO

En la figura 1 observamos un perfil diagramático de un agroecosistema en la primera etapa de la plantación, y en la parte inferior se presenta la proyección y la sobreposición de las copas de las especies asociadas al cafeto. La figura inferior corresponde a un transecto de 10 x 40 m de área cultivada (0.5 ha.) Este cultivo es un ejemplo, de un proceso de hibridación de técnicas agrícolas, ya que cuando los agricultores decidieron cultivar al cafetal, no desplazaron totalmente el conocimiento tradicional del cultivo del maíz y por lo tanto, se mezclaron las prácticas del cultivo origi-

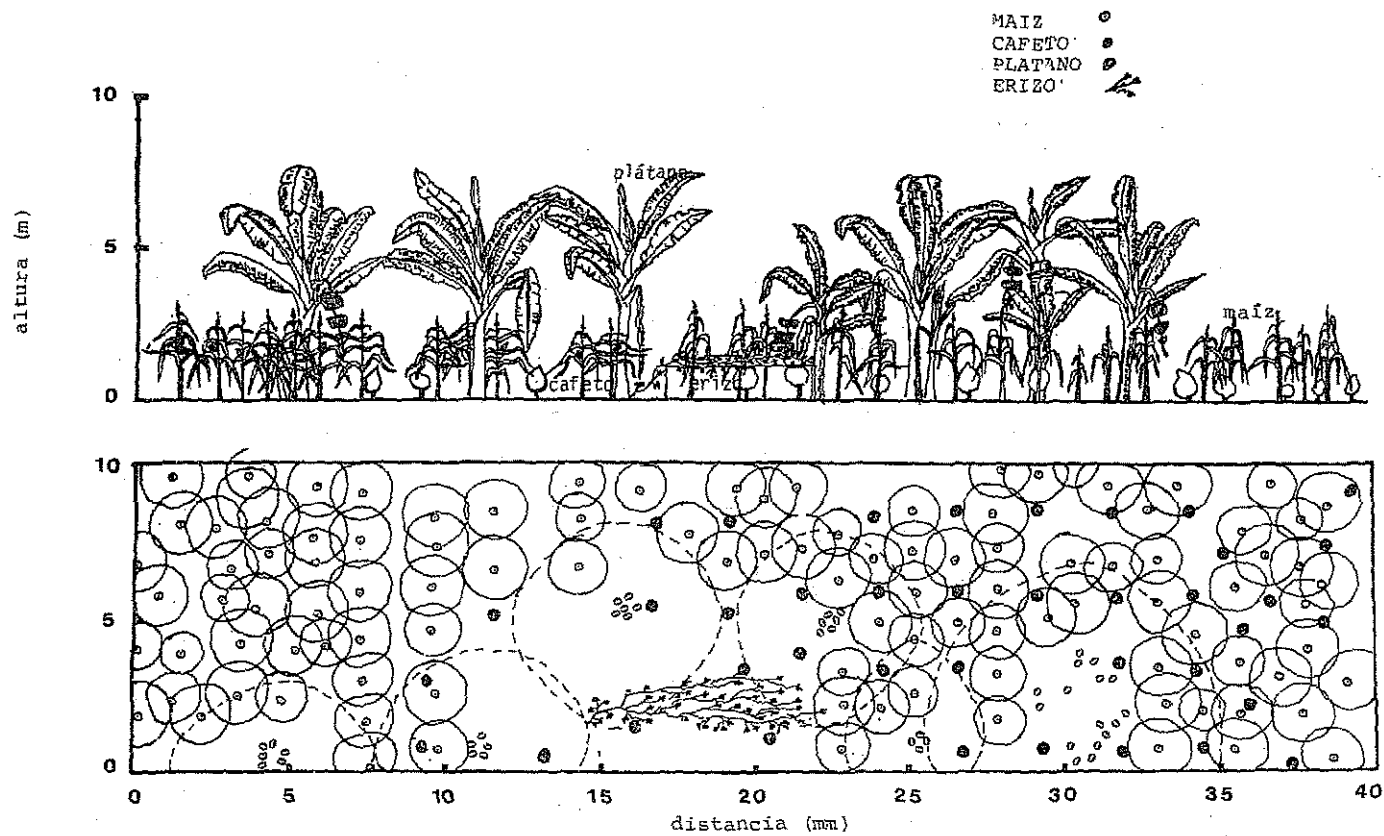


FIG.1.- Perfil diagramático y cobertura del cultivo mixto en la primera etapa sucesional del agroecosistema. Pacho Viejo, Coatepec, Veracruz.

nal con las del cultivo extranjero. Este sistema de policul-
tivo se encuentra actualmente reducido, debido en parte a
las creencias especialmente de los ancianos de la región
respecto a que "hay una pérdida de la fertilidad de los
suelos" en este tipo de cultivos, y los jóvenes han acepta-
do, por lo tanto la siguiente recomendación agronómica "no
asociar al cafetal ningún otro cultivo". Debido a ello se
está perdiendo la experiencia tradicional.

COMO CULTIVO PERENNE

Cuando el agroecosistema, es un cultivo perenne, el
pequeño cafeticultor se decide a tomar la mejor opción para
sostener la producción de alimentos, asociando al cafetal
diversos cultivos (plátano, cítricos, etc.). Posiblemente
este manejo intensivo del cafetal, sostiene la recirculación
de los nutrimentos, el siguiente caso es un ejemplo. La plan-
ta conocida como "matlali" o "hierba del pollo" (*Commelina*
spp.) domina en el estrato herbáceo del cafetal y se utiliza
para alimentar a los puercos (figura 2). Estos animales se
encuentran sobre una empalizada de madera, a través de la
cual cae el estiércol al suelo (éste sistema de cría mantie-
ne limpia la porqueriza), en los depósitos de estiércol se
observan "gusanos" que sirven de alimento a los patos y po-
llos, es decir, simultáneamente se crían puercos y aves.

Cuando se acumula el estiércol, este se esparce so-
bre el suelo para fertilizar los cafetos, y de esta manera
se conservan los contenidos de la materia orgánica y de los
nutrimentos, utilizando la biomasa del estrato herbáceo pa-
ra producir carne. La fig. 3 es un detalle de la construcción
de la porqueriza, y la fig. 4 muestra el momento cuando la
entrevistada se introduce al cafetal para continuar la cose-
cha del café en cereza. En general el pequeño cafeticultor
trabaja como asalariado en las fincas donde hay un sistema

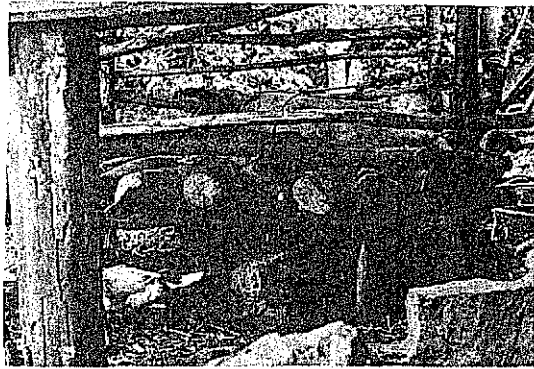


FIGURA 2: Cría de puercos y aves, con la materia orgánica del estrato herbáceo del café tal. En la parte inferior de la plataforma que sostiene al puerco, se observa un pato (*Anas spp.*) buscando su alimento en el estiércol.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

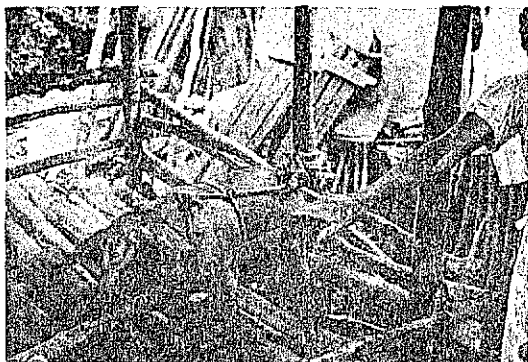


FIGURA 3: El estiércol de los puercos se usa para fertilizar los cafetos de la "huerta familiar".

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



FIGURA 4: Durante la producción de café en cereza, los pequeños cafeticultores trabajan en las grandes fincas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

de producción extensiva, donde se aplican los conocimientos más recientes de las técnicas agrícolas del cafetal. Es importante hacer una aclaración, las modalidades son diversas y merecen un estudio más serio y completo.

En general, los pequeños cafeticultores han sostenido una estructura de cafetales, asociados con otros cultivos (Marten y Sancholuz, 1977), en comparación con los cultivos extensivos que contiene cafetos y árboles de sombra. En éste caso el costo para el mantenimiento es elevado porque requiere de aplicaciones continuas de fertilizantes químicos, pesticidas, herbicidas, etc.

DESCRIPCION DEL AGROECOSISTEMA

A continuación describimos la fig. 5 con el objeto de usarla en la interpretación del ecosistema cafetalero. La letra "M" dentro del triángulo significa "manejo" es decir, la influencia directa del hombre en el ordenamiento de los componentes bióticos y abióticos del ecosistema agrícola. Los principales componentes bióticos se refieren a: productores primarios, consumidores y descomponedores.

Los productores primarios, que prácticamente mantienen en aporte continuo de la hojarasca, se encuentran en el siguiente arreglo: el estrato herbáceo, el cual se encuentra íntimamente relacionado con el manejo de los estratos superiores; una estratificación media, representada por los cafetos y frutales y los árboles de sombra que conforman el estrato superior. El ordenamiento de los productores primarios y las prácticas agronómicas, determinan la estructura y arquitectura del agroecosistema, por lo tanto hay diferentes tipos de estructura del cafetal. Las prácticas agronómicas del cafetal (selección de especies y variedades, poda del cafeto, agobio, fertilización, etc.) mantienen la estruc

AS arboles de sombra

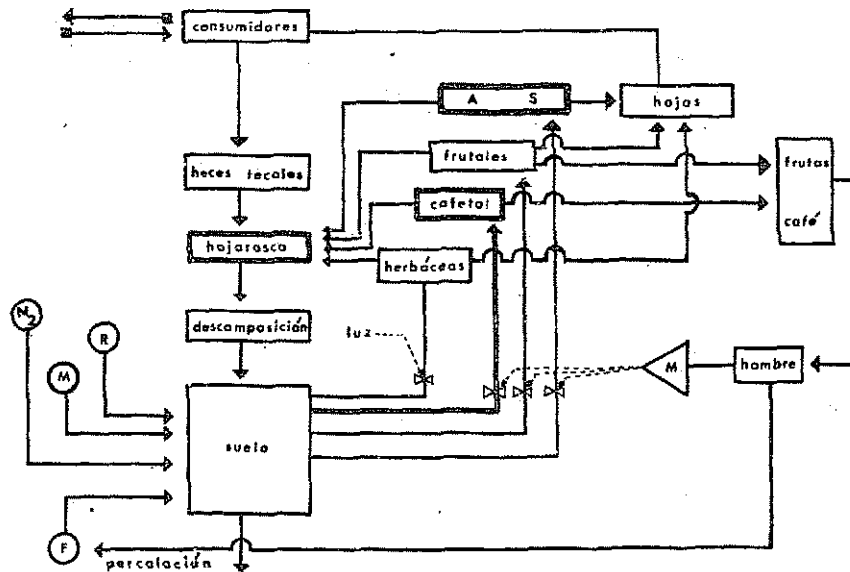


Fig. 5. El cafetal es un ecosistema agrícola, destinado a la producción del café en cereza y de alimentos (huertas familiares), donde el cafeticultor influye en la estructura (estratificación y distribución de la biomasa), en los procesos funcionales (productividad, flujo de agua y en la circulación de los nutrientes) y en la producción del café en cereza. Los símbolos R, M, N₂ y F, se refieren a las entradas de los nutrientes por lluvia, mineralización, fijación de nitrógeno y por fertilización, respectivamente.

tura, y es una de las influencias del hombre más importantes en los procesos biológicos que influyen en la productividad, en el equilibrio de los nutrimentos y en el flujo del agua.

Los consumidores primarios, son diferentes herbívoros, que tienen una importancia aún no explorada, un caso particular serían los herbívoros que se alimentan de las epífitas de los árboles, y que contribuyen a la circulación de N-P-K, mediante la producción de heces fecales. Otro tipo de herbívoros, son los que se alimentan de las hojas de los árboles de sombra; sin embargo, en condiciones ecológicas apropiadas, son tan numerosos que su acción defoliadora puede perjudicar seriamente al árbol de sombra.

Con respecto a los descomponedores, no hay estudios realizados, específicamente en las asociaciones de "micorrizas" que se observan en la hojarasca con diferentes grados de descomposición.

Hipotéticamente, en cada tipo de estructura del cafetal, existen variaciones en los procesos biológicos que mantienen la estabilidad del sistema agrícola. Un cultivo de cafetos, con árboles de sombra y otras plantas asociadas, será diferente en cuanto a los requerimientos o costos para sostener la estructura de un cultivo al sol. El siguiente ejemplo, puede aclarar lo anterior. Dado que el proceso de circulación de los nutrimentos es vital para sostener la productividad, el equilibrio depende de las entradas, el almacenamiento y las salidas de los nutrimentos. Las entradas (fig. 5) por vía precipitación (R) son un ingreso que a largo plazo puede ser almacenado, siempre y cuando existan los mecanismos para recircularlos como sucede en las selvas (Herrera et al. 1978; Jordan y Stark, 1978 y Stark y Jordan, 1978); aunque es posible que las epífitas en el cafetal, tienen un papel importante en la captura y almacenamiento de

los nutrimentos posteriormente al caer al suelo como hojarasca y al descomponerse y liberarse, los nutrimentos son nuevamente absorbidos por las raíces de los componentes. Otra entrada es la vía de fijación de nitrógeno (N_2), en éste caso Roskoski (1980) menciona diferencias significativas en diferentes tipos de estructura. Sin embargo, la entrada más importante en los casos de los cultivos extensivos, es la fertilización química.

El aporte continuo de la hojarasca, sostiene la recirculación de los nutrimentos, y es posible que se logre un equilibrio de los nutrimentos evitando los ciclos abiertos como puede suceder en un cultivo al sol. Los componentes estructurales del ecosistema establecen un flujo de energía y agua y un ciclo de nutrimentos.

En el manejo del agroecosistema, en particular como cultivo perenne, se sostiene la estructura mediante la aplicación de diversas prácticas agrícolas, por lo que a continuación se mencionan las actividades más comunes, que en algunos casos influyen en los procesos biológicos y ecológicos.

ALGUNOS ASPECTOS AGRONOMICOS

De las prácticas más conocidas que modifican y sostienen los tipos de estructura del cafetal mencionaremos las siguientes:

Poda del cafeto.- Consiste en eliminar parte de la planta para la renovación de biomasa productiva. La distribución y estratificación de la biomasa en tallo y ramas, depende de dos tipos de crecimiento: 1) el vertical y ortotrópico, que se manifiesta en tallos o ejes primarios, secundarios, etc. y 2) el crecimiento horizontal o plagiotrópico, que se manifiesta en las ramas laterales, las cuales pueden

clasificarse como primarias, secundarias, etc. Las ramas jóvenes no fructifican en el primer año de su crecimiento, inician la producción del café en cereza al segundo año (ramas maduras) y en los siguientes años van disminuyendo su producción hasta suspenderla (ramas senescentes). El distanciamiento entre las ramas y su número es característico de cada variedad. Se puede decir que el cafeto crece como un cono, su producción se localiza de adentro hacia afuera de las ramas y de la parte más baja hacia la más alta; cuando aumenta la edad de la planta, la producción del café en cereza disminuye inversamente proporcional a la biomasa improductiva de los tallos y de ramas senescentes; en este momento requiere la poda con el objeto de renovar la biomasa productiva.

Agobio.- Consiste en inclinar ramas, brotes o la misma planta con el objeto de provocar crecimientos verticales (hijos). Hay dos clases de agobio: 1) cuando en condiciones de crecimiento vertical, se inclina la planta en un ángulo de 45 grados y sobre el eje principal crecen nuevas ramas y 2) cuando en el transplante se inclina el cafeto con la raíz, en un ángulo de 45 grados, así aparecen nuevas ramas sobre el eje principal, pero se eliminan para darle preferencia al desarrollo de los hijos que están cerca de la base.

Descopes.- Consiste en eliminar la parte terminal del cafeto y se conocen dos técnicas: el descope alto y el descope bajo.

Deshijos.- Consiste en seleccionar nuevos tallos que se desarrollan como consecuencia del agobio de la mata y de esta manera se cambia la estructura total de la planta.

La densidad de los cafetos depende de: la aereación

entre las plantas de la asociación con otros cultivos, de la accesibilidad para combatir las plagas y enfermedades, de las técnicas de conservación del suelo, etc.

En general no es abundante la literatura sobre las prácticas culturales para los árboles de sombra, en comparación con la información que existe para el manejo de los cafetos. Algunos investigadores sostienen que el cafeto es una planta que debe crecer bajo sombra, ya que proviene de un ecosistema forestal (original) y en donde dominan árboles de mayor cobertura, otros sugieren plantaciones con una variedad de árbol de sombra previamente seleccionada, capaz de crecer adecuadamente y por último otros opinan que debe estar a pleno sol, apoyando sus argumentos en varios hechos puramente fisiológico de la planta o con propósitos de usar maquinaria pesada (tractores) para combatir plagas y enfermedades.

La distribución y estratificación de la biomasa aérea, en parte está determinada por las características genéticas de las especies; el tamaño y la forma de las copas es muy variable, por lo tanto, algunas especies de "chalahuites" (*I. spuria* Willd; *I. Vera* Willd e *I. leptoloba* Sch.), tienen una copa con distribución de su biomasa horizontal y requieren de pocos cuidados para regular la sombra; las ramas se podan cuando son un peligro de quiebra por la edad o cuando se localizan cerca de la copa de los cafetos. El "jinicuil" (*I. jinicuil* Sch.) es un buen ejemplo de árbol con copa vertical, sus ramas se podan en el centro de la copa para una mejor distribución de la luz solar, una mejor aereación y para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades. En los países cafetaleros de Centroamérica, donde es similar la tradición del uso de las especies de *Inga*, es frecuente el "pepeto del río" (*I. edulis* Humb. y Bomp.), cu

ya copa es horizontal, pero es regulada mediante podas desde la edad de tres años; es necesario podar la parte central de la copa y las ramas laterales que por su peso pueden quebrarse; el "pepeto negro" (*I. fagiifolia* L.) tiene sombra horizontal pero con mayor biomasa aérea, lo que requiere podas con mayor frecuencia que el anterior; el "pepeto peludo" (*Inga punctata* Willd.) es similar a la *Inga leptoloba*, no requiere podas intensivas. En otros países se prefieren especies como *Leucaena leucocephala* (Nigeria, Colombia, etc.) que presenta una copa vertical y escasas ramas horizontales. Las especies son diversas y las mencionadas son a manera de ilustración.

I.3 ECOLOGIA DEL AGROECOSISTEMA CAFETALERO

Los antecedentes históricos de la cafeticultura a nivel mundial, mencionan que las perspectivas socio-económicas del cultivo en los países productores de café en cereza, no son estables por las siguientes razones: dependen siempre de la climatología, las enfermedades, las plagas y las oscilaciones de su cotización en el mercado exterior.

En 1869 en Ceylan, aparece la roya del cafeto (*Hemileia*), causando serios daños en los cultivos de *C. arabica*. América Latina permanecía libre de esta enfermedad, sin embargo, en 1970, se propaga en el sudeste de Brasil, ocasionando una transformación drástica del 60% de la cafeticultura. Se eliminaron los árboles de sombra (1970-1980) y se cambia la estructura a cafetales al sol (Cordon et al, 1972). La sorpresiva aparición de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) en Nicaragua, aumentó la posibilidad de su propagación en las zonas de Centroamérica y México.

Otro problema para la cafeticultura, es la broca del grano del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr.), una plaga que

ha causado grandes pérdidas económicas en varios países cafetaleros del mundo.

Los problemas de enfermedades y plagas, como las que mencioné, han producido cambios muy notables en la selección de las variedades y en el diseño de estructuras muy simplificadas, como son los monocultivos de cafetos que requieren alto costo económico y energético, como una solución para "convivir ventajosamente" con la roya y la broca; sin embargo, la tecnología cafetalera para sostener la producción, ha ocasionado diversos problemas ecológicos en Brasil (Taylor, 1974). La historia de la distribución de los cultivos se presenta en la figura 6.

Las zonas cafetaleras en México, afrontan el problema de plagas, enfermedades, disminución de la producción como consecuencia de la vejez de las plantaciones, efectos de factores climáticos, etc. que son problemas similares que han existido en los países productores más importantes del mundo. Sin embargo, la roya del cafeto, más grande con el que la cafecultura en México se ha enfrentado porque afectará en diversos aspectos el manejo y la economía del agroecosistema. Una forma de anticiparse a su combate consistiría en realizar un diagnóstico agroecológico adecuado e iniciar las investigaciones para producir la tecnología apropiada a las condiciones ecológicas de las zonas cafetaleras de México para impedir que caiga la producción. En general se supone que, para "convivir" con la roya, se requiere de un plan para el desarrollo agro-industrial de la cafecultura, el cual se basa en las relaciones de producción socio-económica ¿porqué?, la respuesta se localiza en el renglón de las exportaciones, ya que el café en cereza constituye una fuente de divisas y de trabajo muy importantes para el país. Los núcleos de poblaciones más afectados serán los pequeños productores. Los medianos y grandes productores, se están preparando ya ante

ha causado grandes pérdidas económicas en varios países cafetaleros del mundo.

Los problemas de enfermedades y plagas, como las que mencioné, han producido cambios muy notables en la selección de las variedades y en el diseño de estructuras muy simplificadas, como son los monocultivos de cafetos que requieren alto costo económico y energético, como una solución para "convivir ventajosamente" con la roya y la broca; sin embargo, la tecnología cafetalera para sostener la producción, ha ocasionado diversos problemas ecológicos en Brasil (Taylor, 1974). La historia de la distribución de los cultivos se presenta en la figura 6.

Las zonas cafetaleras en México, afrontan el problema de plagas, enfermedades, disminución de la producción como consecuencia de la vejez de las plantaciones, efectos de factores climáticos, etc. que son problemas similares que han existido en los países productores más importantes del mundo. Sin embargo, la roya del cafeto, más grande con el que la caficultura en México se ha enfrentado porque afectará en diversos aspectos el manejo y la economía del agroecosistema. Una forma de anticiparse a su combate consistiría en realizar un diagnóstico agroecológico adecuado e iniciar las investigaciones para producir la tecnología apropiada a las condiciones ecológicas de las zonas cafetaleras de México para impedir que caiga la producción. En general se supone que, para "convivir" con la roya, se requiere de un plan para el desarrollo agro-industrial de la caficultura, el cual se basa en las relaciones de producción socio-económica ¿porqué?, la respuesta se localiza en el renglón de las exportaciones, ya que el café en cereza constituye una fuente de divisas y de trabajo muy importantes para el país. Los núcleos de poblaciones más afectados serán los pequeños productores. Los medianos y grandes productores, se están preparando ya ante

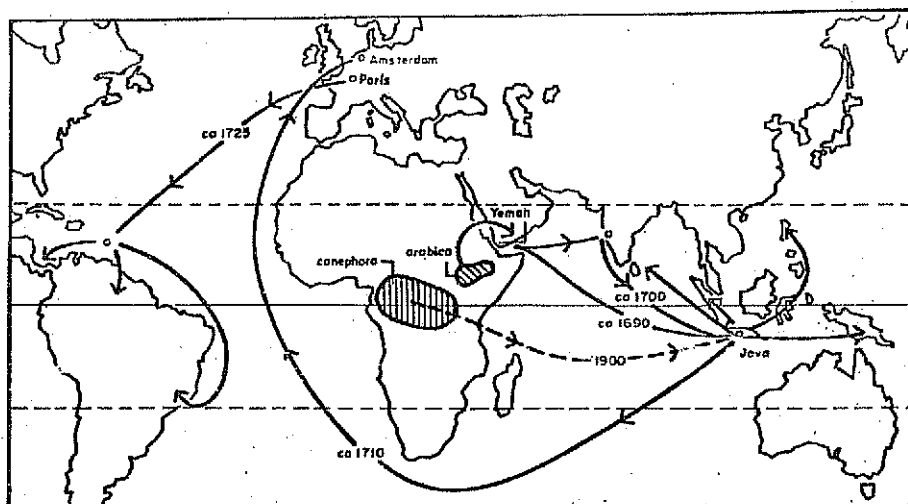


FIGURA 6: La variedad "arabigo" (*C. arabica* L.) es originaria de Etiopía, de Africa se propagó a Yemen donde se realizaron los primeros cultivos (aproximadamente entre los siglos XIV y XV), posteriormente se transportó a los países tropicales, actualmente reconocidos como los principales productores de café en cereza (Ukers, 1948). De Yemén, se llevó a la Costa de Malabar, de la India, de aquí a Ceilán e Indonesia (última década del siglo XVII). En 1710 se plantó en el Jardín Botánico de Amsterdam, en este lugar se obtuvieron semillas que se cultivaron en un jardín de París, de donde se llevaron semillas a la Martinica y entonces a Sud-américa.

La *C. canephora*, se propagó en la parte central y occidental del Ecuador de Africa y en Madagascar. La especie fue llevada hacia el Sudeste de Asia, principalmente a Indonesia (Siglo XIX). Es tolerante el hongo *Hemileia vastatrix* y es considerado como el mejor sustituto de *C. arabica*. Otras especies de menor importancia, corresponden a *Coffea liberica* *C. dewereii* Var. *Excelsa* y *C. congensis*, las cuales fueron introducidas al sudeste de Asia y de Sudamérica. (Ferrewerda, 1979).

la amenaza de la roya, pues han iniciado la transformación de los cafetales con árboles de sombra, a cafetales al sol es decir, a sistemas agro-industriales con alto costo energético derivado del petróleo. Este tipo de agricultura aumenta el riesgo en los problemas de déficit de alimentos, porque eliminan las alternativas de producción que existen en los cafetales con "cultivos mixtos" (cafetos con asociación de otras plantas que utiliza el cafeticultor para su alimentación) o la posibilidad de conservar especies de leguminosas.

Por lo anterior, es necesario realizar un estudio ecológico, para conocer la influencia del hombre en el manejo de los componentes del cafetal y en la dinámica del agroecosistema.

LOS PROBLEMAS ECOLOGICOS

Desde la fundación del INIREB (1975) se decidió que una de las áreas prioritarias de investigación ecológica en México, es el estudio de los ecosistemas naturales y también de los agroecosistemas (Jiménez Avila y Gómez-Pompa, 1979). La pregunta que surge es ¿porqué un estudio ecológico? para poderla responder es necesario recordar que hemos dado claras muestras de no saber convivir con la naturaleza, al parecer porque no tenemos un conocimiento integral sobre ella. La transformación de enormes extensiones de ecosistemas naturales, debida al saqueo y a la extinción de los recursos silvestres en México, ha sido ocasionadas por los grandes intereses de unos cuantos, los cuales además consideran que los estudios ecológicos son antagónicos al desarrollo agropecuario del país. Por lo anterior, es urgente obtener información científica en la ecología de los ecosistemas naturales y agrícolas; en el primer caso, para responder a las preguntas ¿dónde y cómo conservar? ¿cómo manejar y utilizar

racionalmente los recursos silvestres de los ecosistemas? ¿cuál es el marco ecológico para transformar los ecosistemas naturales a sistemas agroecológicos?. En el segundo caso, las preguntas más importantes serían las siguientes ¿cómo influyen las prácticas agrícolas y los principales factores ecológicos en la producción? ¿cuáles son las ventajas ecológicas de la tecnología agrícola "moderna" y tradicional? ¿cuál es la importancia del manejo de la estructura en los procesos biológicos? ¿cuáles son las ventajas ecológicas de los diferentes tipos de estructura?, etc.

Con la inquietud planteada, se decidió realizar este trabajo intitulado "ecología del agroecosistema cafetalero". Desde la fase inicial del mismo, surgieron diversas preguntas por ejem. ¿qué entendemos por un agroecosistema?; la cual es lógica en la introducción de cualquier estudio agroecológico, sin embargo, durante la revisión bibliográfica, nos percatamos de que no hay un concepto preciso de esto por la falta de investigación. ¿Que es el agroecosistema cafetalero?, el primer paso conducente a responder esto consistió en realizar una descripción del mismo, identificándose los diferentes problemas ecológicos y al mismo tiempo planteándose las principales investigaciones a seguir, por ejemplo, ¿cuál es la relación de las especies herbáceas con respecto al manejo de los árboles de sombra? ¿cómo influye la estructura en la producción de materia orgánica? ¿cuál es la relación de los factores climáticos en las tasas de producción? ¿cuáles son las diferencias de producción de materia orgánica en cada tipo de estructura? ¿los bosques originales aportan mayor cantidad de materia orgánica con respecto al cafetal? ¿cuál es la influencia de la estructura en el flujo del agua? y cuáles son las ventajas agronómicas y ecológicas de los diferentes manejos del cafetal?.

I. 4 OBJETIVOS

El objetivo general de éste trabajo, consiste en obtener información científica respecto a la ecología del cafetal, y dada la diversidad de este tipo de agroecosistemas, decidimos seleccionar cafetales con diferentes manejos, con el objeto de conocer la influencia del hombre en la estructura y función del mismo.

Para lograr los objetivos anteriores, se realizan las siguientes investigaciones:

- Descripción del agroecosistema. Consiste de un estudio detallado sobre la estructura del agroecosistema. Se delimitó cada tipo de estructura, identificándose los componentes y determinándose la distribución y estratificación de la biomasa.
- Estudio de la influencia del estrato superior en la presencia o ausencia de las especies herbáceas.
- Estudio de las relaciones entre el manejo de la estructura del cafetal y la producción de materia orgánica, con objeto de entender la importancia ecológica de los árboles de sombra.
- Estimación de la producción de materia orgánica de los principales componentes de los cafetales sujetos a diferentes manejos y obtención de información sobre la importancia de cada componente en la circulación de la materia.
- Conocimiento de la estructura y aporte de materia orgánica de un bosque caducifolio (ecosistema original), para comparar en parte, la dinámica de un ecosistema forestal con diferentes tipos de estructura de cafetales.

- Estimación del balance hídrico en diferentes cafetales, para conocer la influencia del hombre mediante el manejo de la estructura, en los componentes del balance de agua. Comparación de los cálculos de evapotranspiración en las diferentes estructuras.
- Cuantificación de la circulación de los nutrimentos en diferentes tipos de estructuras del cafetal.

EL BOSQUE CADUCIFOLIO

Los relictos del bosque caducifolio, son los únicos indicadores del tipo de ecosistema que predominó en la mayor parte montañosa del trópico mexicano. La cafeticultura es el sistema agrosilvícola más importante en la zona de Coatepec, Ver. La importancia ecológica de este cultivo está dado fundamentalmente por su similitud con los bosques caducifolios o sea, ocupa las pendientes de las regiones montañosas, donde otros cultivos han tenido dificultades para producir en una forma económicamente rentable.

Los bosques originales en la región cafetalera Golfo Centro, continúan siendo desplazados por diversas actividades, olvidando el papel de los mismos en la formación de los suelos y en los siguientes aspectos: como bancos de germoplasma que en un momento dado pueden intervenir en la regeneración del bosque; como factor primordial en los flujos y calidad del agua y en el equilibrio de los nutrimentos. El cafetal y el bosque son opciones en las montañas del trópico y su papel no ha sido evaluado debidamente.

Los resultados de esta investigación, contribuirán al conocimiento ecológico de los bosques caducifolios en el mundo, en particular por ser ecosistemas de transición que presentan componentes biológicos de origen boreal y tropical

Por lo anterior, el realizar estudios ecológicos en los relictos de bosques naturales y en el cafetal, nos permite comparar las propiedades funcionales en común y aplicar estos conocimientos al posible mejoramiento agrícola y ecológico del agroecosistema cafetalero. El bosque, es nuestro marco de referencia en este trabajo.

La estructura del bosque, se describe de una manera general en la primera etapa de los estudios ecológicos (Jiménez Avila y Correa Peña, 1979).

ESTRUCTURA DEL AGROECOSISTEMA

El tipo de estructura del cafetal, está relacionado directamente con las prácticas agrícolas, aquí es necesario recordar que el manejo es un parámetro importante ya que mediante las diversas prácticas que realiza el hombre modifica las condiciones microecológicas. El cafeticultor con el propósito de producir café en cereza, y otros productos (plátano, naranjo, etc.), diseñó las estructuras según las relaciones de producción, las cuales se abocaron principalmente a este producto, sin preocuparse del manejo de los otros componentes asociados al cafetal.

Los únicos antecedentes que se tienen sobre estructura y arquitectura de comunidades, son los estudios llevados a cabo en ecosistemas naturales de diversos países y en diferentes zonas geográficas; sin embargo, como mencionamos anteriormente, no existen trabajos sobre agroestructura de cafetales. Son escasos los trabajos relacionados con la biomasa y la producción de materia orgánica (peso seco). En un ensayo realizado en Kenya (Cannel, 1970) se determinó el ritmo de crecimiento del cafeto, relacionándolo con parámetros climáticos, sin embargo no consideran el efecto del manejo de la estructura.

Los trabajos realizados sobre la estructura del agroecosistema cafetalero en el INIREB (Jiménez Avila, 1979) consideran los siguientes aspectos: 1) identificar las especies herbáceas y conocer su relación con la estructura de los diferentes cafetales estudiados y 2) describir la estructura arquitectónica (distribución y estratificación de los componentes del cafetal), de cuatro tipos de estructura.

Además existen otros estudios ecológicos realizados por investigadores del INIREB (Anaya-Lano et al. 1980 y Roskoski, 1980). Las estimaciones de la biomasa y la distribución de la misma en los diferentes estratos del cafetal, corresponden a un trabajo detallado del cultivo del cafetal con árboles de sombra de *I. jinicuil* (Jiménez Avila, 1980); el que se realizó en un cafetal de "cultivo mixto" que es común entre los pequeños cafeticultores de la zona (Jiménez Avila y Golberg, 1980). En este caso se estimó la biomasa de los distintos estratos (herbáceos, cafetos, plátanos, árboles y epífitas).

PRODUCCION DE MATERIA ORGANICA

La importancia del aporte de materia orgánica en un sistema agrícola, radica en el equilibrio de los nutrimentos y en el mantenimiento de la producción agrícola. La materia orgánica que no es transformada por la respiración de los tejidos vegetales o exportada del sistema como producción agrícola (productos como café en cereza, madera, alimento, etc.) es aprovechada por los descomponedores con la consecuente y futura liberación de nutrimentos.

Westlake (1963) indica que la productividad es uno de los factores que regulan la multiplicación y crecimiento de una comunidad. Lo anterior implica que las características de la estructura y función de un ecosistema están en su

mayor parte determinadas por la liberación y aprovechamiento de la materia orgánica (Murphy y Knwer, 1972).

Recordaremos que la productividad primaria neta es definida como la diferencia entre la fotosíntesis y la respiración por unidad de tiempo y de superficie. La producción de materia orgánica y el ciclo de los elementos esenciales para mantener la producción económica o agrícola, se deben considerar como esenciales en el manejo de los agroecosistemas silvícolas.

Los estudios realizados por Boyer (1973) en un cultivo en el Camerún, sobre el ciclo de la materia orgánica y de los nutrimentos en tres tipos de cultivos: al sol, con sombra ligera y cacaotal con sombra mediana, muestran la importancia de los árboles de sombra en el balance global anual de los nutrimentos.

Con el aporte continuo de la hojarasca y la descomposición, se liberan los nutrimentos que son absorbidos por las raíces y mediante este proceso se recirculan los elementos para lograr la estabilidad dinámica de los ecosistemas. La cuantificación de la hojarasca es un indicador de la productividad primaria neta de cada ecosistema la cual depende de una gran variedad de factores ecológicos.

Por otra parte, el aporte de materia orgánica es importante porque tiene un papel fundamental en: 1) las propiedades físicas del suelo, ya que es el agente más efectivo en la formación y estabilización de agregados, influye en la densidad aparente y aumenta la porosidad, lo cual favorece la alta conductividad hidráulica y la buena aereación de las raíces y 2) en las propiedades químicas, ya que participa en la capacidad de intercambio catiónico y el pH del suelo.

Los ecosistemas forestales (originales) han estado y seguirán estando en una constante perturbación. Desafortunadamente faltan estudios ecológicos, que contemplen la conservación de estos ecosistemas forestales, en programas sobre el manejo de la cafeticultura a nivel regional. El poder tener reservas de bosques originales es muy importante, en particular porque estos bosque pueden ocupar suelos frágiles en alto grado, debido a la complicada topografía de esta región.

En la primera etapa, cuantificamos la materia orgánica (Jiménez Avila y Martínez Vara, 1979) como parámetro para comparar el ecosistema forestal y el manejo en diferentes tipos de estructura de los cafetales (Jiménez Avila, 1980).

I.5.E: EL BALANCE HIDRICO DEL CAFETAL

En los sistemas agrícolas, la disponibilidad y el equilibrio de los nutrimentos se encuentran afectados por los flujos del agua por lo tanto, consideramos de alta prioridad el conocimiento de las relaciones entre el manejo de los componentes estructurales y la dinámica del agua. Este criterio es muy importante porque en la toma de decisiones para el diseño de agroecosistemas, la estabilidad depende en gran parte, del manejo del agua y de la recirculación de los nutrimentos.

En este trabajo presentamos una parte de los resultados del estudio del balance de agua que realizamos anteriormente (Jiménez Avila y Golberg, 1980).

II: METODOLOGIAS

II. LOCALIZACIÓN

Con base en características climáticas y edáficas, localizamos en la zona de Xalapa-Coatepec, Ver. un bosque original y los tipos de estructura del cafetal. Seleccionamos en la zona de Xalapa, cerca del Parque Ecológico "Francisco Xavier Clavijero", un bosque caducifolio representativo de los ecosistemas originales de la zona cafetalera de Coatepec. El lugar específico donde se realizaron los trabajos de los cafetales, fue la Finca de La Orduña, Coatepec. El área tiene las coordenadas geográficas 19°27' Lat. N y 96° 57' Long. O y con una altitud de 1225 m.s.n.m.

II. 2 CLIMA

Según la clasificación de Köpen modificada por García (1970) el tipo de clima para el lugar es (A)C(fm)a(i')g. Se caracteriza por ser el clima más calido de los templados C. Se considera que en esta zona semicálida muy húmeda, dominan "bosques caducifolios" (Miranda y Hernández X, 1963), e incidentalmente estas condiciones climáticas son las más adecuadas para el cultivo del cafeto. La precipitación del mes más frío (enero) es de 129.9 mm, del mes más húmedo (agosto), de 250 mm y la precipitación media anual es de 1 957 mm. La temperatura media en el mes de enero es de 15.7° y en mayo de 22° C, con una oscilación térmica de 6.3°C (fm). La temperatura promedio anual es de 18.9°C. En la Fig. 7, se muestra la distribución de la temperatura y la precipitación de Coatepec comparada con los mismos factores de clima de Xalapa y Teocelo, Ver. Se observa que las características climáticas de Xalapa y de Coatepec son similares; sin embargo, Teocelo tiene un tipo de clima (A)C(m)a(i)g, o sea, semi-cálido-húmedo con precipitación media anual de 2065 mm y temperatura media anual de 20°C.

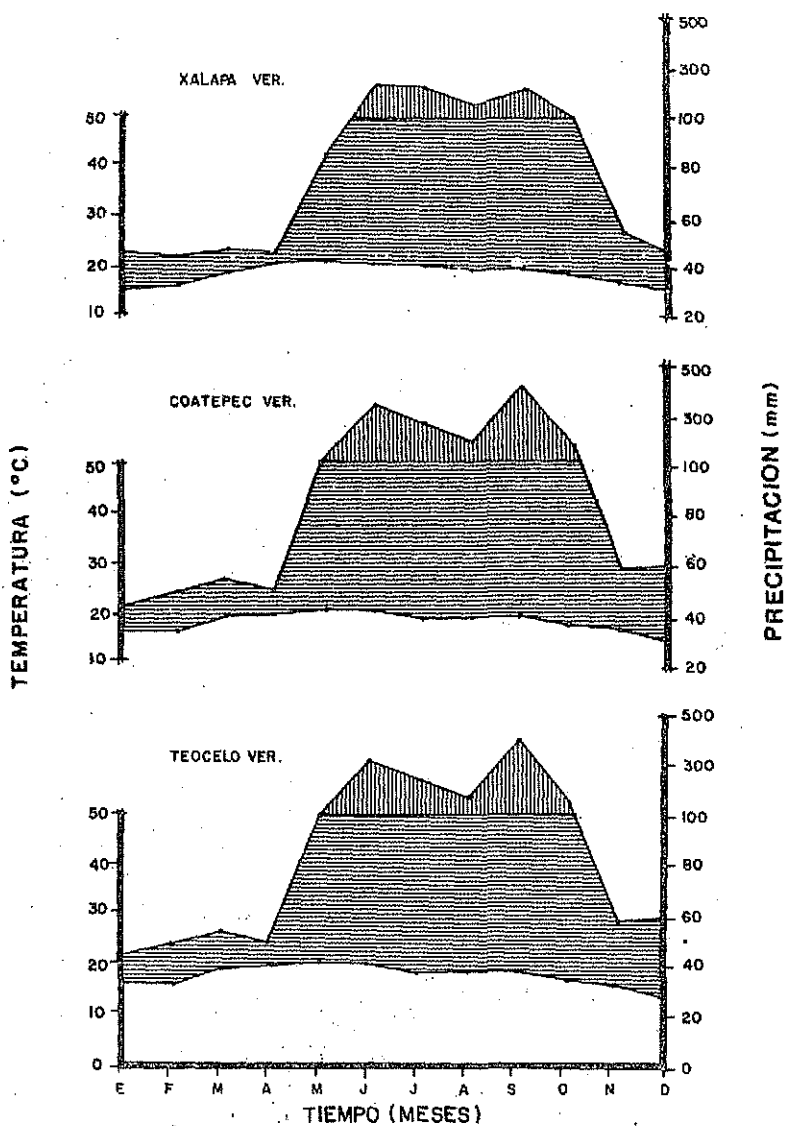


Fig. 7.- Distribución de la temperatura y la precipitación para Xalapa, Coatepec y Teocelo, Ver.

II. 3 GEOLOGÍA Y PERFILES DE SUELO

El área de estudio se localiza cerca del Volcán de La Orduña. El estrato superficial, en el cual se encuentra el suelo, está constituido principalmente por materiales clásticos recientes de origen volcánico, que se asientan sobre mantos de lava basáltica. Tales depósitos datan del período Pleistoceno.

El bosque caducifolio y los cafetales de La Orduña y Teocelo, Ver., se encuentran creciendo sobre cenizas volcánicas (Aguilera, 1969). Los suelos son profundos, con relieve generalmente plano en la zona de Coatepec y accidentado en el área de Teocelo; sin piedras visibles en la superficie y buen drenaje interno; la superficie del suelo está cubierta de hojarasca en menor o mayor cantidad, según el tipo de estructura. Conociendo el papel de la materia orgánica en la formación de los suelos y en las características físico-químicas de los mismos, se hicieron los siguientes perfiles: 1) Perfiles del bosque caducifolio. Considerando que este se localiza en una pendiente de aproximadamente 35°, se hicieron tres perfiles, siguiendo un gradiente con respecto a la inclinación del terreno; la localización de los pozos se muestra en la figura 8. 2) Perfiles de los cafetales. Estos se hicieron en la Orduña y en Teocelo.

II. 4 DESCRIPCIÓN DEL BOSQUE

Seleccionamos un área de 0.16 ha del bosque caducifolio y procedimos a dividirla en cuadrados de 5 x 5 m. Se escogió un transecto de 10 x 40 m para describir la distribución y estratificación de los componentes dominantes del bosque. Se localizaron los individuos y se hicieron mediciones de cada cuadro, con la identificación de las diferentes especies de árboles dominantes. Para conocer la distribución,

se midió la distancia entre los individuos y la cobertura. Para medir la altura de los troncos, tallos, tamaño y forma de la copa, se usaron globos de gas, con un hilo previamente marcado, a intervalos de 0.5 m.

II. 5 SELECCIÓN DE ESTRUCTURAS DEL CAFETAL

De acuerdo con las experiencias de campo, se seleccionaron cuatro tipos de estructuras de las observadas en toda la región cafetalera.

Los cuatro tipos son los siguientes: a) Cafetal Mixto con árboles de sombra de *Inga jinicuil* Sch. e *Inga leptoloba* Sch., plátano (*Musa c.f. sapientum* L.) y naranjo (*Citrus sinensis* (L.) Osb.); b) Cafetal con árboles de sombra de *Inga jinicuil* (sombra 1); c) Cafetal con árboles de sombra de *Inga leptoloba* (sombra 2), y d) Cafetal al sol.

Una vez escogidos los diferentes tipos de cafetal por estudiar, se seleccionó un área de 0.16 Ha para cada uno de los tipos de cafetal. Cada una de las áreas se dividió en cuadros de 5 x 5 m. Dentro de cada cuadro se estudió la distribución y la estratificación de los componentes del cafetal. Se localizaron los individuos y se hicieron mediciones de cada cuadro, con la identificación de las diferentes especies de árboles de sombra y de las variedades del cafeto. Para conocer la distribución se midió la cobertura, la distancia y la densidad de los individuos por especies. En la estratificación se tomaron los siguientes datos: altura de los troncos de los árboles y de los cafetos, de los tallos libres de las ramas, tamaño y forma de las copas, altura del pseudotallo de los plátanos y longitud de las hojas.

El tipo de estructura denominado provisionalmente como "mixto" es el cafetal más representativo de la zona Xalapa-Coatepec-Teocelo, Ver.; sin embargo, algunos pequeños

cafeticultores marginados, que generalmente trabajan en las fincas (más de 100 ha) sostienen una estructura muy complicada, que reúne las características de una "sucesión secundaria" donde el cafeto, tiene como árboles de sombra a "chala huites" o "jinicuales" de diferentes edades y los cafetales más viejos sostienen una alta diversidad y densidad poblacional de epífitas. Los cafetos, plátanos, frutales, etc., se caracterizan porque se encuentran en diferentes edades, no hay una distribución regular, la densidad poblacional es alta, etc. Por lo anterior, seleccionamos un área cafetalera que perteneció a un pequeño cafeticultor en Teocelo, Ver.

Paralelamente a este trabajo, se hizo una recolección de ejemplares de herbario de todas las especies que se encontraron en cada tipo de estructura estudiada; después se identificaron y se depositaron en el Herbario del Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos (Xal.)

II.6 DISTRIBUCIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA

El cafetal es de 45 años de edad, con una superficie de 0.5 Ha, y está principalmente asociado con dos especies de árboles de sombra y con plátano. En la determinación de la biomasa, se usaron los siguientes procedimientos:

Estrato herbáceo. Se marcaron seis cuadros (de $1m^2$), y usando un marco de madera, se cosechó la biomasa aérea y posteriormente se determinó el peso seco.

Cafeto. Las plantas se dividieron en: ramas plagiotrópicas, ortotrópicas y hojas; como recientemente se había cosechado el café en cereza, por lo tanto no se incluyó como dato. Se usaron 12 plantas (repeticiones).

Plátanos. Se seleccionaron 12 plantas, las cuales

fueron separadas en hojas y pseudotallos.

Jinicuil. Se identificaron dos poblaciones de diferentes edades. La primera se denominó "joven" (42-44 años), que constituía el 80% del total y la segunda se clasificó como "vieja" (66-72 años), que correspondía a la fracción restante.

La población de árboles jóvenes fue más homogénea que la segunda, por esa razón a pesar de ser más numerosa, estuvo representada por dos ejemplares en la muestra. La biomasa de la población "vieja", por ser heterogénea fue determinada en dos árboles.

Cada árbol fue dividido y pesado en sus diferentes compartimentos: hojas, ramas y troncos. Las ramas fueron divididas a su vez en primarias, secundarias y otras, de acuerdo a su inserción. Las primarias crecían directamente sobre el tronco, las secundarias sobre las primarias y las "otras" sobre las secundarias.

Como en los casos anteriores, la biomasa de los órganos reproductivos: botones fibrales y flores, no fue tomada en cuenta pues los árboles estaban en momentos diferentes de su fase de floración; de haberse considerado dichos órganos hubiera sido necesario adicionar una variable más a la muestra.

Epífitas. Se colectaron las diversas epífitas de cada árbol y se pesaron en su totalidad (incluyendo las raíces).

III.7/ CUANTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA.

EN EL BOSQUE CADUCIFOLIO
Los colectores de hojarasca fueron construidos con



plástico de malla fina, en forma de cilindros de 31.5 cm de radio y 30 cm de profundidad. Las cincuenta trampas de hojarasca se distribuyeron al azar. con la ayuda de tablas de números aleatorios.

La colecta de hojarasca se realizó cada semana, durante un año. Las muestras de hojarasca se colocaron en bolsas de papel y se secaron a 105°C, durante cuatro días. Las muestras secas se clasificaron en: hojas, ramas de diámetro menor o igual a 3 cm, frutos y otros, donde incluímos los materiales de difícil separación (flores, heces fecales, etc.).

Para conocer el contenido de materia orgánica, se resta a la hojarasca la fracción que corresponde a las cenizas.

EN LOS DISTINTOS TIPOS DE CAFETAL

Los métodos para estimar la producción de materia orgánica en los componentes principales de cada tipo de estructura fueron: a) el de la cosecha total, para calcular la producción de materia orgánica del estrato herbáceo; b) el de correlaciones, para estimar el aporte de materia orgánica de las plantas de plátano (var. Gros Michel), y c) el uso de colectores de hojarasca (litter) para los cafetos y árboles de sombra (incluyendo las epífitas).

Inicialmente, para la estimación de la biomasa del estrato herbáceo se marcaron 400 cuadros de 1 m², distribuidos al azar y se muestrearon 30 con ayuda de tablas de números aleatorios. En cada unidad se cosecharon todas las especies herbáceas allí existentes, diferenciando raíz y parte aérea. Se obtuvo el peso húmedo y posteriormente fueron secadas a una temperatura de 105°C para obtener el peso seco. Los muestreos siempre coincidieron con la época de "limpia"

para la cuenca de Coatepec.

Los cálculos de producción de materia orgánica para las plantas de plátano se llevaron a cabo de la manera siguiente: primero se calculó la biomasa en diferentes partes de la planta, usando un método de muestreo destructivo y, posteriormente, se hicieron correlaciones. Las partes seleccionadas fueron las hojas (h), el pseudotallo (Pt), el rizo ma (Ri) y los frutos (f). La biomasa de una planta de plátano (B) se define como:

$$B = h + Pt + Ri + f$$

Para estimar la biomasa de las hojas, primero se identificaron dos partes: la hoja (lámina + nervación) y el pedúnculo o pedicelo (se midió a partir del punto de unión con el pseudotallo y con lámina foliar). En los dos compartimentos se determinó la biomasa (peso seco y húmedo y la longitud máxima).

Para la biomasa del pseudotallo, primero se calculó el volumen a partir de la ecuación:

$$V = \frac{\pi}{3} h r'^2 + r''^2 + r'r''$$

donde h (altura), se mide de la base del pseudotallo hasta el nivel de implantación del peciolo de la primera hoja, posteriormente se obtienen el radio mayor (r') y el menor (r''). Las muestras se pesan en el campo y se introducen en una secadora.

Una vez conocido el volumen, se estima la biomasa de las muestras del pseudotallo (Pt).

$$Pt = \epsilon V$$

donde ϵ , corresponde a la densidad.

En la valoración de la biomasa del fruto, se cortaron 50 racimos de plantas maduras y en cada uno se determinó la longitud de la inflorescencia, el número de manos y el peso seco.

Colectores de hojarasca.- Se diseñaron dos tipos de trampas para hojarasca, uno para los cafetos y otro para los árboles de sombra. Ambos tipos de colectores fueron construidos con nylon de malla fina, en forma de cilindro de 50 cm de diámetro y 15 cm de profundidad, para los cafetos, y en forma de cono de 50 cm de diámetro de profundidad para los árboles de sombra. Estos últimos llevan, además, un pequeño cono de papel de filtro para la recolección de materias fecales. Los colectores para cafeto se distribuyeron al azar a una altura de 10 cm sobre el suelo, los colectores para árboles de sombra se distribuyeron del mismo modo, pero a 60 cm de altura sobre el terreno.

La colecta de hojarasca se realizó cada semana, durante un año. En algunos casos como el de *I. jinicuil*, los colectores no fueron apropiados para la recolección de los frutos; por lo tanto, se decidió hacer una recolección en 30 cuadros de 25 m² cada uno (el muestreo tuvo una duración de 7 semanas). Las muestras de hojarasca se colocaron en bolsas de papel y se secaron a 105°C durante cuatro días; una vez secas, se procedió a clasificarlas en hojas, ramas foliares, flores, frutos, materias fecales y otros materiales. Los valores promedios se usaron para obtener los valores calculados en kg/Ha/año.

COMPARACION DE LA PRODUCCION DE MATERIA ORGANICA

Análisis de varianza. La ecuación del modelo estadístico empleado en el análisis de varianza, según el diseño

ño de bloques completos al azar, se describe como:

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

donde X_{ij} corresponde a la observación típica, $i = 1, \dots, t$ tratamientos y $j = 1, \dots, r$ bloques; μ , es la media general; τ_i , el efecto de los tratamientos, β_j , es el efecto de bloques y ϵ_{ij} , para el error experimental (Steel y Torrie, 1960).

II. 8 EL BALANCE HÍDRICO DEL CAFETAL

Los trabajos se llevaron a cabo durante un año (1978 y 1979), en tres tipos de estructura: mixto, con sombra de chalahuite (sombra 2) y al sol.

De acuerdo con Slatyer (1967) la ecuación del balance hídrico puede definirse de la siguiente manera:

$$P - E_s - U - ET + AW = 0$$

donde p , corresponde a la precipitación; E_s , escurrimiento superficial; U , es percolación; ET , se define como evaporación del suelo y transpiración de las plantas.

El cálculo de un parámetro de esta ecuación supone la determinación de los otros componentes.

En términos generales, P , integra la precipitación pluvial, el rocío, la nieve y el granizo. La precipitación es afectada por el fenómeno de intercepción (Eidmann, 1959) que puede producir una importante pérdida de agua por evaporación directa hacia la atmósfera.

El escurrimiento superficial (E_s), de acuerdo a la topografía del área en estudio, significa una ganancia o pérdida de agua para el sistema, en suelos planos se puede

considerar despreciable.

Es posible estimar la percolación midiendo el contenido hídrico del perfil edáfico en el horizonte subyacente a la zona de la raíz.

Según Slatyer (1967) se puede definir a $ET = \Delta W$; donde ΔW , corresponde al cambio en el contenido de agua del suelo durante el intervalo de dos precipitaciones o entre dos riegos a diferentes tiempos. Por lo anterior, se puede estimar la evapotranspiración (ET) en dicho período, midiendo los cambios en el almacenamiento de agua en el perfil del suelo.

En la estimación del contenido de agua del suelo (W) se pueden usar diferentes métodos: Gravimétrico (Lutz, 1944); por dispersión de neutrones (Holmes y Turner, 1958) y por resistencia eléctrica (Bouyoucos, 1954). Otro procedimiento es a partir de la medición del potencial mátrico del suelo (Ψ_m), el cálculo es sencillo, cuando consideramos que no son significativos los otros componentes del potencial de agua del suelo (s, potencial osmótico; p, potencial de presión y g, potencial gravitacional).

El Ψ_m del suelo in situ, se mide con tensiómetros, en un rango que va de -0.1 a -0.8 bares. Si se calibra el tensiómetro, determinando al mismo tiempo el contenido de agua del suelo por el método gravimétrico, es posible establecer una regresión y usarla en la estimación indirecta del contenido de agua del suelo a partir de lecturas de los tensiómetros.

Para conocer la precipitación se distribuyeron nueve pluviómetros marca Tru-Chek al azar en cada parcela. Sin embargo, de acuerdo con las recomendaciones de Koterba (1978), los cálculos del balance hídrico fueron realizados

tomando los registros de solo tres pluviómetros (uno por parcela). Los datos de P son pues promedios de los registros en los citados tres pluviómetros.

El contenido hídrico fue determinado en forma indirecta, instalándose tres tensiómetros distribuidos al azar en las diferentes estructuras, a las profundidades de 10 cm, 20 cm, 30 cm, y 40 cm.

Los tensiómetros fueron previamente calibrados para potenciales que iban desde 0.1 hasta cerca del punto superior del registro del instrumento (9.8 bares), suministrando agua al suelo hasta la capacidad de campo y dejándolo lo posteriormente secar. Se tomaron muestras de suelo en cada lectura del tensiómetro. Se determinó el contenido de humedad del suelo por el método gravimétrico. Los datos permitieron la determinación de una ecuación de regresión entre el contenido hídrico y el potencial mátrico.

La determinación del potencial mátrico se hizo por medio de los tensiómetros, efectuándose lecturas diarias en cada parcela y en las diferentes profundidades.

La escorrentía en base a la información proveniente de trabajos previos realizados en el mismo ambiente, no fue considerada (Velázquez, L. 1978).

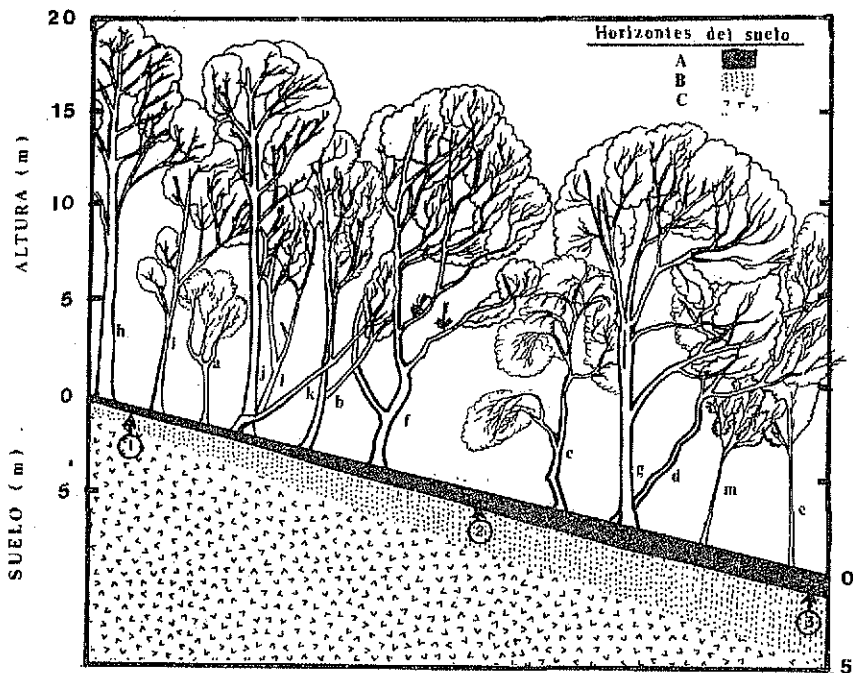
En base a los datos obtenidos por la lectura diaria del tensiómetro y las curvas características de humedad; se elaboró un programa en lenguaje Fortrán, que permitió efectuar el cálculo de Et en las tres estructuras consideradas y para el horizonte de 40 cm.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

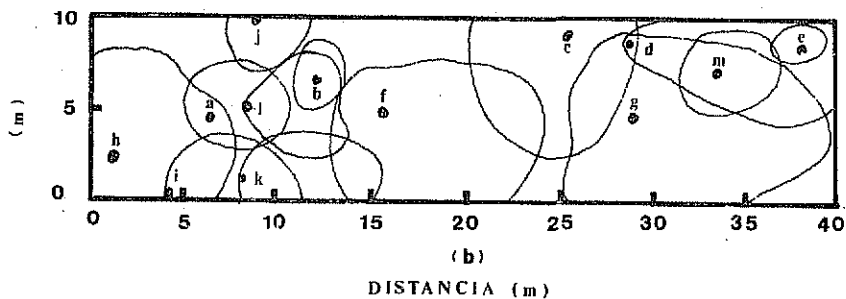
III. 1 DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELO

BOSQUE CADUCIFOLIO

La vegetación del bosque caducifolio se localiza sobre cenizas volcánicas, la profundidad de los suelos varía con la pendiente, como se presenta en la fig. 8 (a). En la carretera de Xalapa a Coatepec se observan perfiles de suelo, producidos por la extracción de las arenas para la construcción urbana, así como parte de bosque muy perturbado. La profundidad de los horizontes varía por la cantidad de aporte de materia orgánica al suelo. La mineralización y la reincorporación de los diversos productos de difícil descomposición, son procesos importantes que determinan las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo que sostiene al ecosistema. Por lo anterior, la producción de materia orgánica juega un papel importante en el subsistema suelo. Con el objeto de conocer la variación en las características físico-químicas del suelo, en función de la pendiente, se muestreó en la zona 1, 2 y 3, como se presenta en la figura 8 (a). En los cuadros 1, 2 y 3, se presentan los resultados de los análisis realizados en los respectivos perfiles. En general, la profundidad de los pozos sigue el orden $1 < 2 < 3$, lo anterior se demuestra en los datos de color, textura, materia orgánica, fósforo, nitrógeno total y en los valores de NH_4^+ . Posiblemente el gradiente de $1 < 2 < 3$, se debe al hecho de que la zona 1 y 2, son donadoras de una fracción de la materia orgánica que se acumula en 3, favoreciendo un suelo profundo. En el perfil 1, el suelo es frágil y en general cuando se usan estos suelos para la cafecultura y no se maneja adecuadamente la estructura del cafetal, se fracasa en la producción agrícola y los suelos se erosionan.



(a)



(b)

Fig. 8: Perfil diagramático y cobertura del bosque caducifolio. Se indican los sitios donde se muestreó el suelo (1, 2 y 3), así como los árboles identificados mediante claves, tanto para el perfil (a) como en la cobertura (b).

CUADRO No. 1: Características físico-químicas del suelo. Valores correspondientes al perfil "1" del bosque caducifolio.

PROFUNDIDAD CM	COLOR		TEXTURA			D.A. gr./cc.	D.R. gr./cc.	M.O. %	PH		FOSFORO		Nt %	NH ₄ ⁺ ppm
	SECO	HUMEDO	ARENAS	LIMOS	ARCILLAS				H ₂ O 1:2.5	KCl 1:2.5	ppm BRAY I	BRAY II		
0-10	10 YR 3/3 PARDO OSCURO	10 YR 3/2 PARDO MUY OSCURO	48.8	29.8	21.4	0.83	1.92	5.40	5.0	4.5	0.09	0.17	0.33	48.75
10-20	10 YR 3/4 PARDO A. OBSC.	10 YR 3/2 PARDO MUY OSCURO	48.7	27.8	23.4	0.99	2.00	2.52	5.4	4.6	0.10	0.15	0.23	27.50
20-30	10 YR 5/4 PARDO AMARILLENTO	10 YR 3/4 PARDO A. OBSC.*	48.7	25.4	25.8	0.90	2.17	1.80	5.4	4.9	0.10	0.13	0.12	20.00
30-40	10 YR 5/4 PARDO AMARILLENTO	10 YR 3/4 PARDO A. OBSC.*	48.8	27.1	24.2	0.93	2.08	1.31	5.6	4.8	0.21	0.10	0.08	20.00
40-50	10 YR 6/6 PARDUZO AMARILLO	10 YR 3/6 PARDO A. OBSC.*	56.8	21.4	21.8	1.03	2.08	0.54	5.6	4.8	0.25	0.13	0.04	10.00
50-60	10 YR 7/4 PARDO MUY CLARO	10 YR 5/4 PARDO A. OBSC.*	56.8	21.4	21.8	1.05	2.08	0.50	5.6	4.8	0.15	0.23	0.02	8.75
60-80	10 YR 8/4 PARDO MUY CLARO	10 YR 8/3 PARDO AMARILLENTO	38.8	22.2	39.1	1.02	2.00	0.29	5.9	5.1	0.09	0.13	--	16.15
60-100	BLANCO 10 YR 8/1	10 YR 7/2 PARDO MUY CLARO	58.5	20.4	21.1	1.03	2.17	0.25	6.2	5.3	0.20	0.25	--	15.00
100-150	BLANCO 10 YR 8/1	GRIS CLARO 10 YR 7/2	45.8	23.8	31.08	1.03	2.17	0.25	6.6	5.7	0.03	0.13	--	15.00
150-200	BLANCO	GRIS CLARO	MIGAJON	ARCILLO	ARENOSO									

* AMARILLENTO OSCURO

SB

CUADRO No. 2: Características físico-químicas del suelo. Valores correspondientes al perfil "2" del Bosque Caducifolio.

PROFUNDIDAD CM	SECO	HUMEDO	TEXTURA			D.A. gr/cc.	D.R. gr/cc.	M.O. %	PH		FOSFORO		Nt %	NH ₄ ⁺ ppm
			ARENA%	LIMO%	ARCILLA%				H ₂ O 1:2.5	KCY 1:2.5	ppm BRAY I BRAY II			
0-10	10 YR 3/3 PARDO OSCURO	10 YR 3/2 PARDO MUY OSCURO	49.5	30.7	19.8	0.78	1.72	6.02	5.9	5.1	0.35	0.27	0.25	58.75
10-20	10 YR 5/4 PARDO*A.	10 YR 3/6 PARDO A*. OSCURO	51.5	26.7	21.8	0.78	2.00	4.91	6.2	5.2	0.27	0.23	0.14	43.15
20-30	10 YR 6/6 PARDUZCO A*	10 YR 3/6 PARDO A*. OSCURO	51.5	23.8	24.7	0.98	2.00	2.76	6.5	5.5	0.10	0.15	0.12	33.15
30-40	10 YR 6/4 PARDO A*.	10 YR 3/4 PARDO A. OSCURO	51.5	20.1	28.4	0.94	2.00	1.96	6.7	5.6	0.09	0.23	0.08	23.15
40-50	10 YR 5/4 PARDO A*.	10 YR 3/4 PARDO A.* OSCURO	53.5	24.3	22.2	0.95	2.00	1.38	6.6	5.8	0.25	0.15	0.07	16.23
50-60	10 YR 6/4 PARDO CLARO A*.	10 YR 3/4 PARDO A*. OSCURO	53.5	24.4	22.1	0.96	2.00	0.87	6.9	5.7	0.15	0.25	0.06	26.25
60-80	10 YR 7/6 AMARILLO	10 YR 3/6 AMARILLO	51.5	28.4	20.1	0.88	2.00	0.69	6.8	5.8	0.05	0.15	0.06	15.00
80-100	10 YR 7/4 PARDO MUY CLARO	10 YR 4/4 PARDO MUY CLARO	57.1	20.7	22.2	1.04	2.17	0.44	5.9	5.1	0.15	0.13	0.03	15.00
100-150	10 YR 6/4 PARDO CLARO A*.	10 YR 3/6 PARDO A*.	57.1	16.7	22.2	0.94	2.00	0.35	5.9	5.1	0.20	0.13	0.05	13.15
150-200	10 YR 6/4 PARDO CLARO A*.	10 YR 3/6 PARDO A*.	57.1	16.7	22.2	0.90	2.00	0.18	5.4	4.7	0.05	0.06	0.02	13.15

* AMARILLENTO

59

CUADRO No. 2: Características físico-químicas del suelo. Valores correspondientes al perfil "2" del Bosque Caducifolio.

PROFUNDIDAD CM.	SECO	HUMEDO	TEXTURA			D.A. gr/cc.	D.R. gr/cc.	M.O. %	PH		FOSFORO		Nt %	NH ₄ ⁺ ppm
			ARENA%	LIMO%	ARCILLA%				H ₂ O 1:2.5	KCY 1:2.5	ppm BRAY I	BRAY II		
0-10	10 YR 3/3 PARDO OSCURO	10 YR 3/2 PARDO MUY OSCURO	49.5	30.7	19.8	0.78	1.72	6.02	5.9	5.1	0.35	0.27	0.25	58.75
10-20	10 YR 5/4 PARDO*A.	10 YR 3/6 PARDO A*. OSCURO	51.5	26.7	21.8	0.78	2.00	4.91	6.2	5.2	0.27	0.23	0.14	43.15
20-30	10 YR 6/6 PARDUZCO A*	10 YR 3/6 PARDO A*. OSCURO	51.5	23.8	24.7	0.98	2.00	2.76	6.5	5.5	0.10	0.15	0.12	33.15
30-40	10 YR 6/4 PARDO A*.	10 YR 3/4 PARDO A. OSCURO	51.5	20.1	28.4	0.94	2.00	1.96	6.7	5.6	0.09	0.23	0.08	23.15
40-50	10 YR 5/4 PARDO A*.	10 YR 3/4 PARDO A*. OSCURO	53.5	24.3	22.2	0.95	2.00	1.38	6.6	5.8	0.25	0.15	0.07	16.23
50-60	10 YR 6/4 PARDO CLARO A*.	10 YR 3/4 PARDO A*. OSCURO	53.5	24.4	22.1	0.96	2.00	0.87	6.9	5.7	0.15	0.25	0.06	26.25
60-80	10 YR 7/6 AMARILLO	10 YR 3/6 AMARILLO	51.5	28.4	20.1	0.88	2.00	0.69	6.8	5.8	0.05	0.15	0.06	15.00
80-100	10 YR 7/4 PARDO MUY CLARO	10 YR 4/4 PARDO MUY CLARO	57.1	20.7	22.2	1.04	2.17	0.44	5.9	5.1	0.15	0.13	0.03	15.00
100-150	10 YR 6/4 PARDO CLARO A*.	10 YR 3/6 PARDO A*.	57.1	16.7	22.2	0.94	2.00	8.35	5.9	5.1	0.20	0.13	0.05	13.15
150-200	10 YR 6/4 PARDO CLARO A*.	10 YR 3/6 PARDO A*.	57.1	16.7	22.2	0.90	2.00	0.18	5.4	4.7	0.05	0.06	0.02	13.15

* AMARILLENTO

CUADRO No. 3: Características físico-químicas del suelo.
Valores del perfil "3" del bosque caducifolio.

PROFUNDIDAD CM	C O L O R		TEXTURA			D.A. gr/cc.	D.R. gr/cc.	M.O. %	PH		FOSFORO		Nt %	NH ₄ ⁺ ppm
	SECO	HUMEDO	ARENA%	LIMO%	ARCILLA%				H ₂ O	KCl	ppm			
									1:2.5	1:2.5	BRAY I	BRAY II		
0-10	10 YR 3/4 PARDO OSCURO	10 YR 2/2 PARDO MUY OSCURO	34.2	40.0	25.8	0.82	1.85	7.46	5.6	4.7	0.25	0.23	0.34	58.75
10-20	10 YR 5/3 PARDO	10 YR 3/3 PARDO OSCURO	50.2	34.0	15.8	0.78	1.78	6.88	6.0	5.2	0.15	0.16	0.22	44.00
20-30	10 YR 6/3 PARDO CLARO	10 YR 3/2 PARDO OSCURO	44.2	34.0	21.8	0.84	2.00	5.75	6.0	5.1	0.15	0.18	0.24	26.90
30-40	10 YR 5/3 PARDO	10 YR 3/2 PARDO OSCURO	44.2	32.0	23.8	0.88	2.00	3.79	6.5	5.3	0.13	0.19	0.12	28.75
40-50	10 YR 5/3 PARDO	10 YR 2/2 PARDO MUY OSCURO	40.2	34.0	25.8	0.84	1.92	2.99	6.2	5.2	0.15	0.23	0.13	26.90
50-60	10 YR 4/2 PARDO OSCURO	10 YR 2/1 OSCURO FUERTE	42.2	32.0	25.8	0.88	2.00	1.38	6.0	5.0	0.09	0.26	0.08	26.25
60-80	10 YR 6/6 PARDUZCO AMARILLO	10 YR 3/4 PARDO A* OSCURO	42.8	25.4	31.8	0.90	2.00	1.15	6.0	5.1	0.11	0.13	0.07	18.15
80-100	10 YR 6/6 PARDUZCO AMARILLO	10 YR 3/4 PARDO A* OSCURO	42.8	29.4	27.8	0.88	2.08	0.83	5.8	4.9	0.08	0.15	0.06	24.40
100-150	10 YR 6/6 PARDUZCO AMARILLO	10 YR 3/4 PARDO A* OSCURO	78.8	11.4	9.8	0.94	2.08	0.28	5.4	4.7	0.03	0.15	0.04	4.4
150-200	10 YR 6/6 PARDUZCO AMARILLO	10 YR 3/6 PARDO A* OSCURO	78.0	12.0	10.0	0.85	2.00	0.25	5.5	4.7	0.06	0.10	0.04	6.65

*AMARILLO

61

EN LA FINCA CAFETALERA LA ORDUÑA
EN COATEPEC, VER.

El manejo de la estructura del cafetal, es al mismo tiempo, el manejo de la productividad primaria neta, por lo tanto, el aporte de la hojarasca influye en las propiedades físico-químicas de los suelos.

El cuadro 4, es una descripción general de los horizontes del suelo en los cafetales de la Orduña, que de acuerdo al sistema de la 7a. Aproximación, son del (USDA, 1960-1975) Orden Inceptisol, que corresponde a suelos jóvenes caracterizados por sus contenidos de Aluminio libre e intercambiable, materiales amorfos y materia orgánica. Según el mismo sistema de clasificación, corresponden al Suborden Andept y al Gran Grupo Ocrandepts (Aguilera, Ramos y Vallejo, 1980). En general, los suelos se encuentran cubiertos de hojarasca, con buen drenaje superficial.

Con el objeto de hacer una descripción general en cada tipo de estructura del cafetal, se hizo un perfil por estructura y los resultados se presentan en los cuadros 5, 6, 7 y 8. Al comparar los cuadros por el color, en condición húmeda, domina en general el pardo muy oscuro, en los perfiles de los cultivos denominados: mixto y sombra 1, lo cual indica un buen drenaje e indirectamente significa un alto contenido de materia orgánica. Con respecto a la textura, nuevamente en los cultivos mixto y sombra 1 (cuadro 5 y 6), domina el migajón arcilloso en todo el perfil; en cambio en los cultivos sombra 2 y al sol (cuadros 7 y 8), la textura migajón arcillosa, se localiza a la profundidad de 0-20 cm aproximadamente.

En general, los cuatro tipos de estructura, no tienen problemas de compactación en el suelo, los valores de

CUADRO No. 4: DESCRIPCION DE UN PERFIL DE SUELO
(SOMBRA 2), EN LA FINCA CAFETALE-
RA LA ORDUÑA, COATEPEC, VERACRUZ.

A _{1p}	0-10	cm	Pardo oscuro en seco 7.5 YR 4/2 y pardo muy oscuro en húmedo 10YR 2/2; migajón arcilloso; estructura granular, plástico, algo adhesivo, abundantes raíces; friable; muchos poros intersticiales muy finos pH 5.4
A ₁₂	10-20	cm	Pardo oscuro en seco 7.5 YR 4/2 y pardo muy oscuro en húmedo 10 YR 2/2; migajón arcilloso; estructura en bloques subangulares muy finas; friable, adherente; raíces abundantes, pH 4.9.
B ₁₁	20-70	cm	Pardo oscuro en seco 7.5 YR 4/4 y pardo muy oscuro en húmedo 10 YR 2/2; arcilla; estructura en bloques subangulares finas y muy finas, moderada a granular fina; friable, ligeramente adherente, ligeramente plástico, muchos poros intersticiales; raíces comunes; revestimiento arcilloso; límite inferior abrupto; pH 4.9
B ₁₂	70-100	cm	Pardo fuerte en seco 7.5 YR 5/6 y pardo oscuro en húmedo 7.5 YR 3/4; arcillas; estructura en bloques subangulares; muy adherente, plástico, graso; poros tubulares muy finos, comunes; pocas raíces; revestimientos de arcilla; pH 5.2
B ₁₃	100-150	cm	Pardo fuerte 7.5 YR 6/6 en seco y pardo oscuro en húmedo 7.5 YR 4/4; arcilla; plástico, adhesivo; estructura en bloques angulares y subangular firmes; revestimiento de arcilla; raíces escasas; pH 5.4.

CUADRO No. 5: ALGUNOS VALORES DEL SUELO, CORRESPONDIENTE AL CAFETAL ASOCIADO CON ARBOLES DE SOMBRA DE Inga Inicuil e i.c.f. Leptoloba, PLATANO Y NARANJO (MIXTO).

PROFUNDIDAD cm	C O L O R		T E X T U R A			D.A. gr/cc.	D.R. gr/cc.	M.O. %
	SECO	HUMEDO	ARENA%	LIMO %	ARCILLA%			
0 - 10	10YR 4/4 PARDO OBSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OBSCURO	29.8	30.4	39.8	1.05	2.17	4.74
10 - 20	10YR 4/3 PARDO OBSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OBSCURO	25.6	42.0	32.4	1.05	2.17	3.08
20 - 30	10YR 4/4 PARDO A.* OBSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OBSCURO	31.1	31.8	37.8	1.05	2.00	2.05
30 - 40	10YR 4/3 PARDO OBSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OBSCURO	33.1	28.7	38.2	1.07	2.00	1.53
40 - 50	10YR 4/3 PARDO OBSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OBSCURO	30.2	31.4	38.4	1.13	2.08	1.56
50 - 60	10YR 4/4 PARDO A.* OBSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OBSCURO	30.2	23.4	46.4	1.16	2.08	1.52
60 - 80	10YR 4/3 PARDO OBSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OBSCURO	28.2	35.1	36.7	1.07	2.27	1.08
80 - 100	10YR 5/4 PARDO A*	10YR 2/2 PARDO MUY OBSCURO	29.3	18.9	51.8	1.08	2.08	0.68
190 - 200	10YR 5/4 PARDO A.*	10YR 2/2 PARDO MUY OBSCURO	31.2	30.4	38.4	1.08	2.08	0.28

* A. = AMARILLENTO.

64

CUADRO No. 6: ALGUNOS VALORES DEL SUELO, CORRESPONDIENTES AL CAFETAL CON ARBOLES DE SOMBRA DE *Inga fijiensis* Sch. (SOMBRA 1).

PROFUNDIDAD cm	C O L O R		T E X T U R A			D.A. gr/cc.	D.R. gr/cc.	M.O. %
	SECO	HUMEDO	ARENA%	LIMO%	ARCILLA%			
0 - 10	10YR 4/3 CAFE OSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OSCURO	45.86	23.98	30.16	1.17	2.27	4.93
10 - 20	10YR 4/3 CAFE OSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OSCURO	53.64	24.00	22.36	1.18	2.17	3.86
20 - 30	10YR 4/3 CAFE OSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OSCURO	51.64	24.00	24.36	1.19	2.22	3.73
30 - 40	10YR 4/3 CAFE OSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OSCURO	30.72	30.88	38.36	1.11	2.30	2.07
40 - 50	10YR 4/3 CAFE OSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OSCURO	48.92	21.44	29.64	1.17	2.0	1.93
50 - 60	10YR 4/3 CAFE OSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OSCURO	37.84	20.00	42.16	1.16	1.91	1.59
60 - 80	10YR 4/3 CAFE OSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OSCURO	31.64	28.00	40.36	1.13	2.25	1.52
80 - 100	7.5YR 5/4 PARDO OSCURO	7.5YR 3/4 PARDO OSCURO	41.88	15.60	42.52	1.15	2.07	0.79
100 - 200	10YR 6/4 CAFE PALIDO	10YR 3/6 PARDO AMARILLO OSCURO	34.92	8.72	56.36	1.13	2.10	0.41

65

CUADRO No. 7:

ALGUNOS VALORES DEL SUELO, CORRESPONDIENTES
AL CAFETAL CON ARBOLES DE SOMBRA DE *Inga*
leptoloba Sch. (Sombra 2)

PROFUNDIDAD cm	C O L O R		T E X T U R A			D.A. gr/cc.	D.R. gr/cc.	M.O. %
	SECO	HUMEDO	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %			
0 - 10	7.5 YR 4/2 PARDO OSCURO	10 YR 2/2 PARDO MUY OSCURO	29.3	34.8 MIGAJON ARCILLOSO	35.8	0.99	2.08	6.64
10 - 20	7.5 YR 4/2 PARDO OSCURO	10 YR 2/2 PARDO MUY OSCURO	27.2	36.8 MIGAJON ARCILLOSO	35.8	1.00	2.08	4.62
20 - 30	7.5 YR 4/4 PARDO OSCURO	10 YR 2/2 PARDO MUY OSCURO	27.0	29.6 ARCILLA	43.2	0.97	2.17	3.41
30 - 40	7.5 YR 4/4 PARDO OSCURO	10 YR 2/2 PARDO MUY OSCURO	29.2	24.8 ARCILLA	46.8	1.00	2.34	3.21
40 - 50	7.5 YR 4/4 PARDO OSCURO	7.5 YR 3/4 PARDO OSCURO	29.4	24.2 ARCILLA	42.8	1.00	2.46	2.34
50 - 60	7.5 YR 5/6 PARDO FUERTE	7.5 YR 3/4 PARDO OSCURO	33.2	20.6 ARCILLA	46.9	1.04	2.26	1.62
60 - 80	7.5 YR /5/6 PARDO FUERTE	7.5 YR 3/4 PARDO OSCURO	35.2	16.2 ARCILLA	46.8	0.97	2.15	.84
80 - 100	7.5 YR 5/6 PARDO FUERTE	7.5 YR 4/4 PARDO OSCURO	41.2	16.8 ARCILLA	42.0	0.91	2.15	0.52
100 - 150	7.5 YR 6/6	7.5 YR 4/4	33.2	16.8 ARCILLA	50.0	0.97	2.15	0.45

CUADRO No. 8: ALGUNOS VALORES DEL SUELO, EN UN
CAFETAL AL SOL (AL SOL)

PROFUNDIDAD	C O L O R		T E X T U R A			D.A. gr/cc.	D.R. gr/cc.	M.O. %
	SECO	HUMEDO	ARENA%	LIMO%	ARCILLA%			
0 - 10	7.5YR 4/4 PARDO OBSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OBSCURO	30.2	37.4 MIGAJON ARCILLOSO	32.3	0.97	2.08	3.44
10 - 20	7.5YR 5/4 PARDO OBSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OBSCURO	28.4	38.7 MIGAJON ARCILLOSO	32.9	1.04	2.17	3.21
20 - 30	7.5YR 5/4 PARDO OBSCURO	10YR 2/2 PARDO MUY OBSCURO	26.9	20.3 A R C I L L A	52.4	0.97	1.92	2.25
30 - 40	7.5YR 5/4 PARDO OBSCURO	7.5YR 3/4 PARDO OBSCURO	32.2	17.4 A R C I L L A	50.4	0.97	2.08	1.68
40 - 50	7.5YR 4/4 PARDO OBSCURO	7.5YR 3/4 PARDO OBSCURO	30.4	19.3 A R C I L L A	50.4	0.97	1.92	1.50
50 - 60	7.5YR 5/6 PARDO FUERTE	7.5YR 3/4 PARDO OBSCURO	33.6	14.0 A R C I L L A	50.4	0.99	1.92	0.91
60 - 80	7.5YR 6/6 PARDO FUERTE	7.5YR 3/4 PARDO OBSCURO	35.6	20.0 A R C I L L A	44.4	0.96	2.00	0.41
80 - 100	7.5YR 6/6 PARDO FUERTE	7.5YR 3/4 PARDO OBSCURO	45.3	15.1 A R C I L L A	39.6	0.97	1.92	0.32
100 - 150	7.5YR 6/6 PARDO FUERTE	7.5 YR 4/4 PARDO OBSCURO	40.4	12.7 A R C I L L A	46.9	0.97	1.92	0.28

67

densidad aparente (D.A.) van de 0.96 a 1.19 gr/cc. Con la descripción de caracteres morfológicos, mediante una estratificación del perfil en cada tipo de estructura del cafetal, se observan las diferencias entre los diversos manejos. La caracterización química del suelo, es el segundo parámetro edáfico que muestra diferencias entre los diferentes manejos. Las propiedades químicas, han sido descritas por otros investigadores (Aguilera, 1980); sin embargo, hacemos énfasis en los valores de la materia orgánica porque más adelante se presentan los resultados de la producción de ésta y se relacionan por su importancia con las propiedades físico químicas del suelo.

DE UN CAFETAL EN TEOCELO, VER.

El cuadro 9, corresponde a una descripción de los horizontes, en un perfil del suelo, perteneciente al cafetal mixto de la localidad de Teocelo, Ver. De acuerdo a su clasificación (Aguilera, Ramos y Vallejo, 1980) corresponden al Orden Inceptisol, Suborden Andept (similar al suelo de la Orduña) y al Gran Grupo Ocrandept. En el cuadro 9, se describen los caracteres morfológicos, con base a cada horizonte, del perfil, donde se tomaron muestras para realizar los análisis físicos y químicos respectivos. En general, los caracteres morfológicos, indican suelos con buen drenaje, permeabilidad rápida y buenos contenidos de materia orgánica. El cuadro 10 presenta los resultados de la textura: los horizontes de 0-81 cm son franco arcilloso, en el mismo cuadro se muestran las características químicas en general, con pH de 5.5-5.7, altos contenidos de materia orgánica hasta la profundidad de 95 cm, y excelentes condiciones para retener iones en forma intercambiable; sin embargo, los valores de fósforo son bajos por la presencia de valores altos de alófanos (Aguilera, 1980). Como mencioné, la capacidad de intercambio catiónico total (CICT) in-

CUADRO No. 9: DESCRIPCION DE UN PERFIL DEL SUELO, EN
UN CAFETAL MIXTO; TEOCELO, VERACRUZ.

- 00-40: Transición al estrato subyacente tenue, húmedo, color 7.5 YR 3/3.5 pardo oscuro, franco arcilloso sin piedras, estructura granular media débilmente desarrollada, consistencia friable, es muy húmedo adhesivo y plástico. No hay nódulos ni cutanes, sin reacción al HCl y al H₂O₂; poros frecuentes, muy finos, continuos, tubulares, localizados fuera de los agregados. Permeabilidad rápida; raíces comunes finas y delgadas. pH 5.6.
- 40-81 cm: Transición al estrato subyacente, húmedo, color 7.5 YR negro parduzco, franco-arcilloso, sin piedras, estructura grumosa fina débilmente desarrollada. No hay nódulos, ni cutanes, no presentan reacción al HCl, no hay reacción al H₂O₂, poros frecuentes, muy finos, continuos, tubulares, localizados dentro de los agregados; permeabilidad rápida, raíces abundantes medianas, pH 5.5 fauna roedores.
- 81-95 cm: Estrato Transicional, húmedo, color 10 YR 4/6 pardo, ligeramente moteado, textura arcillosa, adhesivo y muy plástico, ligeramente pedregoso, piedras pequeñas basálticas de forma angular. Estructura del suelo poliédrica angular muy fina, débilmente desarrollada, poros frecuentes, tubulares, finos, oblicuos y horizontales, fuera de los agregados, permeabilidad lenta, raíces medianas y poco abundantes. pH 5.5.
- 95-107 cm: Estrato de formación del suelo, transición marcada, húmedo, color 10 YR 5/6 pardo amarillento arcilloso; pedregoso con gravas; estructura poliédrica angular, consistencia friable, es muy húmedo adhesivo y muy plástico abundantes poros medianos, discontinuos, horizontales, permeabilidad rápida, muy pocas raíces y pH 5.7.

Drenaje del Perfil: Bien drenado.

CUADRO No. 10: PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DEL SUELO EN UN CAFETAL MIXTO; TEOCELO, VERACRUZ

PROFUNDIDAD cm	TEXTURA	pH		C.E. mmhos cm ⁻¹	M.O. %	Nt %	CICT meg/100 gr	CATIONES INTERCAMBIABLES*				P**	NH ₄ p.p.m.	NO ₂
		H ₂ O	KCl 1:2.5					K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺			
0.40	franco arcilloso	5.6	4.7	0.23	4.5	0.25	16.2	3.91	5.20	2.60	0.24	1.13	1.0	16.4
40-81	franco arcilloso	5.5	4.5	0.11	3.7	0.17	14.4	1.19	5.25	1.96	0.39	2.71	1.0	7.0
81-95	arcilloso	5.5	4.6	0.14	2.6	0.12	15.1	0.28	5.72	2.04	0.69	2.14	1.8	8.8
95-107	arcilloso	5.7	4.7	0.18	0.8	0.06	12.2	0.34	5.72	2.80	0.78	1.71	2.4	4.2

* Determinado en acetato de amonio pH 7.0

** Determinado según Bray P-1.

07

dica el estado de los iónes (cationes y aniones) en forma intercambiable. Los suelos mantienen buena fertilidad; sin embargo, es necesario aplicar dosis de fósforo, ya que este se encuentra retenido por el alúfano, por los óxidos e hidróxidos de fierro, por el aluminio activo y la materia orgánica.

III. 2 ESTRUCTURA Y PRODUCCIÓN DE MATERIA ORGANICA DEL BOSQUE CADUCIFOLIO

DESCRIPCION DEL BOSQUE

Este tipo de vegetación denominado "bosque caducifolio" por Miranda y Hernández X. (1963), presenta en el estrato arbóreo, componentes de origen boreal y tropical; por lo tanto, algunas de estas especies citadas en otros trabajos (Ortega, 1978 y Zolá, 1980) se presentan en el transecto que seleccionamos de 10 x 40 m (figura 8a). En el cuadro 11 se identifican los componentes del estrato arbóreo, estas especies se localizan mediante una clave asignada (de a hasta m) en la figura 8 (a y b). En la figura 8b, se muestra la cobertura para las 13 especies del transecto. Es importante mencionar que el estrato herbáceo y el arbustivo, aún cuando no se mencionan en este trabajo, forman parte de los componentes florísticos del bosque pero solamente hacemos énfasis en el estrato arbóreo.

APORTE DE MATERIA ORGANICA

El cuadro 12 contiene los valores promedios de 52 muestras, que corresponden al número total de semanas por año. Los datos se refieren al aporte de biomasa, a los contenidos de cenizas y de materia orgánica en: hojas, ramas, frutos y otros; los valores se expresan en Kg/ha/semana.

CUADRO No. 11: Componentes del estrato arbóreo del bosque caducifolio.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	ALTURA (m)	COBERTURA (m ²)	CLAVE DE* LOCALIZACION
<i>Carpinus caroliniana</i> Walter	"Pipingue"	14	20	a
<i>Carpinus caroliniana</i> Walter	"Pipingue"	17	6.5	b
<i>Carpinus caroliniana</i> Walter	"Pipingue"	11,5	66.7	c
<i>Carpinus caroliniana</i> Walter	"Pipingue"	18	50	d
<i>Clethra macrophyla</i> Mart. P. Galeotti	"Marangoia"	6	12	e
<i>Quercus germana</i> Cham. & Sch.	"Encino blanco"	19	79.5	f
<i>Quercus germana</i> Cham. & Sch.	"Encino blanco"	20	115	g
<i>Liquidambar macrophyla</i> Oerst	"Liquidambar"	20	58	h
<i>Liquidambar macrophyla</i> Oerst	"Liquidambar"	12	36	i
<i>Liquidambar macrophyla</i> Oerst	"Liquidambar"	22	20	j
<i>Liquidambar macrophyla</i> Oerst	"Liquidambar"		35	k
<i>Liquidambar macrophyla</i> Oerst	"Liquidambar"	15	19	l
<i>Oreopanax xalapensis</i> Decne & Planch	"Mano de León"	12	18	m

*Comparar con la figura 8.

CUADRO No. 12: Valores promedios* de biomasa (kg/ha/semana) de cenizas y de materia orgánica de los componentes principales de la hojarasca de un bosque caducifolio.

COMPONENTES	\bar{x}	s**
<u>BIOMASA</u>		
Hojas	114.77	86.27
Ramas	27.04	25.39
Frutos	18.61	16.87
Otros	10.52	9.96
<u>CENIZAS</u>		
Hojas	11.20	3.90
Ramas	2.18	0.70
Frutos	0.72	0.95
Otros	1.35	1.47
<u>MATERIA ORGANICA</u>		
Hojas	103.63	77.90
Ramas	24.90	23.38
Frutos	17.89	16.22
Otros	9.17	8.60

* n = 52 semanas
 ** desviación standard

CUADRO No. 13: Valores de los componentes principales de la
hojarasca (kg/ha/año) de un bosque caducifolio.

	COMPONENTES PRINCIPALES DE LA HOJARASCA				TOTAL (kg/ha/año)
	HOJAS	RAMAS	FRUTOS	OTROS	
<u>BIOMASA</u>	5 968,0	1 406,1	967,7	547,0	8 888,8
<u>MAT. ORGANICA</u>	5 388,7	1 294,8	930,3	476,8	8 090,6
<u>PORCENTAJE DE MAT. ORGANICA</u>	66,6	16,0	11,5	5,9	100

ML

El cuadro 13, muestra los valores estimados de aporte de biomasa y materia orgánica para los componentes principales de la hojarasca, usando los promedios semanales del cuadro 12. El aporte anual de hojarasca del bosque es de 8,889 kg/ha/año de los cuales 8,091 kg/ha/año son de materia orgánica y los restantes 798 kg son de cenizas. El porcentaje de producción de materia orgánica por componente, es de 66.6; 16.0; 11.5 y 5.9 para hojas, ramas, frutos y otros, respectivamente.

Lo anterior muestra que el principal aporte de materia orgánica proviene de las hojas.

PRODUCCION ESTACIONAL

En la figura 9 y 10, se han graficado los valores de la materia orgánica en función del tiempo (semanas), con el objeto de conocer las diferencias de aporte durante las estaciones del año. En la figura 9, se presenta la distribución anual de la materia orgánica total y la correspondiente exclusivamente a las hojas; en esta relación, se observa que la máxima caída de materia orgánica u hojarasca, se presenta aproximadamente en la mitad del mes de marzo; en segundo lugar, entre los meses de septiembre y diciembre, se presenta el máximo aporte de materia orgánica que proviene de los frutos, especialmente de los árboles de *Liquidambar* y *Quercus* (figura 10). El aporte de materia orgánica para los meses de junio a septiembre, está favorecido por el desprendimiento de ramas, ya que las hojas se encuentran en renovación y una alta fracción de la energía es dedicada a la formación de los frutos. En los valores de producción de materia orgánica, no se incluyen los aportes de los troncos de los árboles porque durante la realización del presente trabajo no hubo caída de los mismos; sin embargo, se debe considerar dentro de las estimaciones de la variación anual.

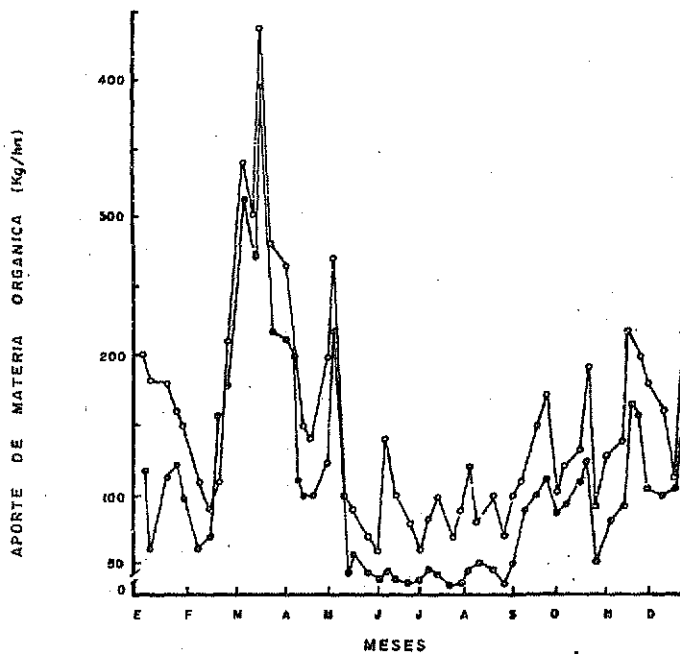


Fig. 9. Producción de materia orgánica (kg/ha/semana) del bosque caducifolio. Los valores corresponden al aporte total de los componentes de la hojarasca (o - o) y de hojas (. - .) Registros semanales 1979.

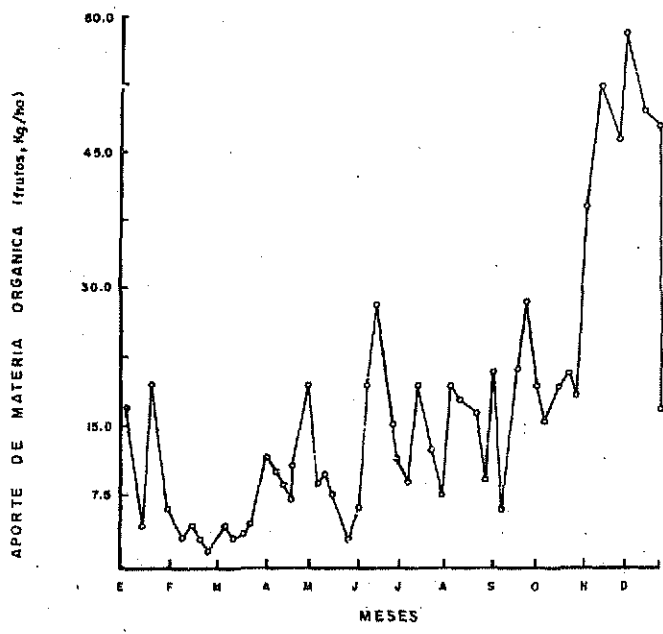


Fig. 10. Producción de materia orgánica de frutos (kg/ha/semana) del bosque caducifolio. Los valores corresponden a registros semanales, 1979.

DISCUSION

Los reportes sobre la producción de hojarasca (litter) en diferentes bosques del mundo (Bray y Gorham, 1964), mencionan la falta de información en latitudes de transición entre la faja ecuatorial y las zonas con un tipo de clima cálido y frío. Bray y Gorham establecieron una relación inversa entre la producción de hojarasca total (ton/ha/año) y la latitud; esta relación ha sido comparada con otros trabajos dedicados a la cuantificación de la hojarasca en bosques decíduos (Sykes y Bunce, 1970 y Grigal y Grizzard, 1975). Con respecto a la interpolación en la misma relación obtenida por Bray y Gorham, para la latitud 19°N, la cual corresponde a la localización de nuestro bosque en estudio, se estimó aproximadamente 8,000 kg/ha/año de hojarasca y en los cálculos logrados en el relicto del bosque, fue de 8,889 kg/ha/año como hojarasca y 8,091 como materia orgánica, lo cual demuestra que la relación es bastante precisa.

Con respecto a las condiciones hídricas del área donde se localiza el bosque caducifolio, al cotejar los datos de la variación anual de la caída de órganos (figura 3), con la curva de la distribución anual de la precipitación, se observa una estrecha correspondencia entre los meses de mayor deficiencia hídrica (marzo y abril) y los valores máximos de caída de órganos. Durante los meses de junio, julio y agosto, correspondientes a la época de lluvias, la producción de hojarasca disminuye en forma notable. Existen varios picos secundarios de producción de materia orgánica en los meses de octubre a diciembre, esto ocurre, a diferencia del primer pico dentro del período húmedo. En el segundo caso, el aporte de materia orgánica proviene fundamentalmente de la abscisión de frutos, como se aprecia en la figura 10. El componente principal de la materia orgánica en el

primer pico máximo corresponde al fenómeno de la abscisión foliar; en este caso es probable que la abscisión resulte de un fenómeno gatillo, constituido por el período seco, mientras que la abscisión foliar del invierno, está determinada por el fotoperíodo, como ya se ha comprobado en otros trabajos (Alvim; Hewtt y Saunders, 1976 y Alvim, 1978); sin embargo, es necesario realizar estudios fenológicos y fisiológicos más precisos, ya que la caída de hojarasca no es total en otoño, como sucede en los bosques caducifolios con estacionalidad marcada.

La comparación cuantitativa entre la producción de materia orgánica del bosque caducifolio y los diferentes tipos de estructura de cafetales, se presenta después de misturar los valores de aporte de materia orgánica, de estos últimos.

III. 3 ESTRUCTURA Y PRODUCCIÓN DE MATERIA ORGANICA DEL AGROECOSISTEMA

III.3.A: DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Es muy conocido el hecho de que en los cafetales de diversas partes del mundo, se observa una gran variedad de modalidades de cultivo. Las condiciones ecológicas que prevalecen en los cultivos están relacionadas, en gran parte, con la estructura de los mismos. Sabemos que existen, fundamentalmente dos tipos de cafetales: con sombra de diversos tipos y al sol.

Debido al interés que hemos tenido por conocer la estructura y función del agroecosistema cafetalero, pensamos en la importancia de un estudio detallado de la estructura arquitectónica de los tipos de cafetal más frecuentes en el Estado de Veracruz. Esta investigación proporcionará

información básica para entender mejor la relación entre el manejo y la productividad del agroecosistema cafetalero.

No existen en la literatura, estudios previos de estructura de cafetales desde un punto de vista ecológico. Por otro lado, pensamos que para mejorar la producción del café en cereza es necesario conocer la distribución y estratificación de la biomasa aérea (tallos y ramas) en cada componente estructural, ya que la producción de café en cereza depende del manejo de la biomasa productiva por individuo (poda, agobio, descopes, etc.); para el cafeticultor, la disminución de la producción, es el mejor indicador de cuando debe modificar la estructura del cafeto, el resultado de las prácticas agrícolas que cambian las estructuras de las comunidades, repercute en las condiciones microecológicas (cambios microclimáticos). Por supuesto, aunado al manejo de los cafetos, las prácticas culturales dedicadas a los árboles de sombra y otros componentes también modifican la estructura.

En la figura 11 observamos un perfil diagramático del cafetal mezclado con plátano, naranjo y las dos especies de *Inga* y en la parte inferior se presenta la proyección y la sobreposición de las copas de los individuos de las especies mencionadas. La figura inferior corresponde a un transecto de 5 x 40 m del área estudiada (0.16 Ha). En los cuadros 14, 15 y 16, se presentan los valores promedio y algunos otros datos sobre la altura de los troncos, tallos libres de ramas, altura de las copas de los cafetos y árboles de sombra, así como la altura de los pseudotallos y la longitud de las hojas de las plantas de plátano. Es interesante mencionar que las copas de las diferentes especies se sobreponen, lo cual puede quizá producir un déficit de luz para los cafetos. La densidad de siembra para los cafetos es

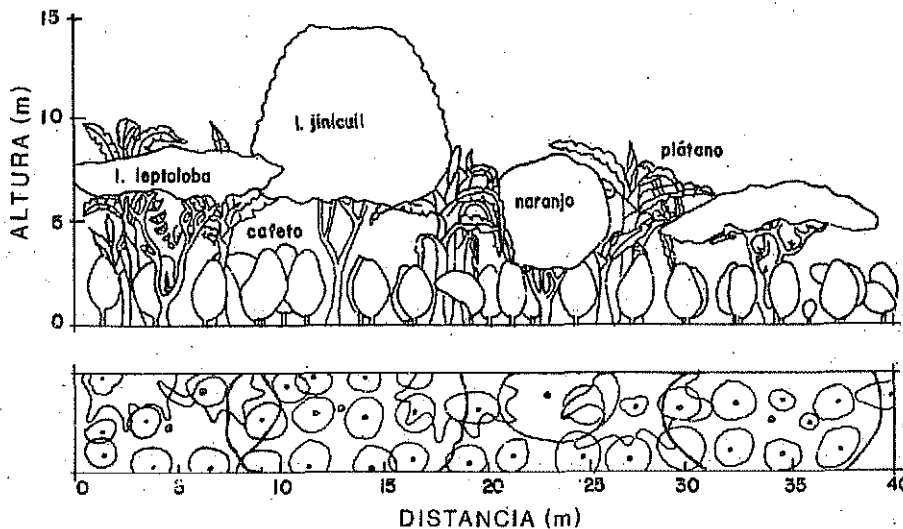


Fig. 11.- Perfil diagramático y cobertura del cultivo mixto. La Orduña, Coatepec, Veracruz.

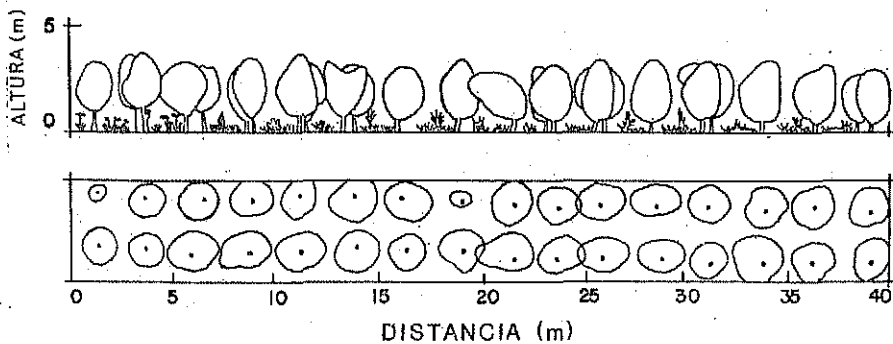


Fig. 12.- Perfil diagramático y cobertura del cultivo al sol. La Orduña, Coatepec, Veracruz.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

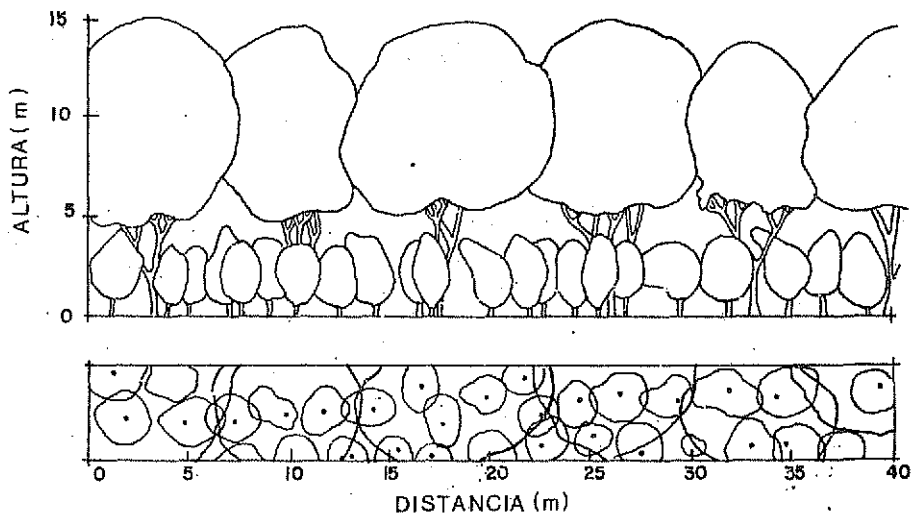


Fig. 13.-Perfil diagramático y cobertura del cultivo del cafetal (*Coffea arabica*) con árboles de sombra de *Inga jinicuil*. La Orduña, Coatepec, Veracruz.

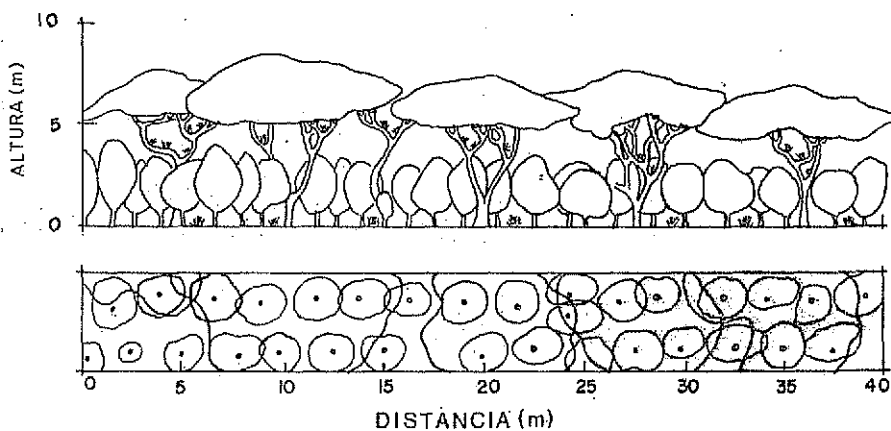


Fig. 14.-Perfil diagramático y cobertura del cultivo del cafetal con árboles de sombra de *Inga Lepidoloba*. La Orduña, Coatepec, Veracruz.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

de 1475 individuos por hectárea y la cobertura promedio por cafeto (CPC) corresponde a $3.42 \pm 0.8 \text{ m}^2$; en total, los cafetos cubren el 50.45% del área. Los árboles de sombra no están distribuidos en forma regular como el cafeto y su cobertura promedio (CP) es de $42.8 \pm 6 \text{ m}^2$, con una densidad de 92 individuos por hectárea. En cuanto a las plantas de plátano, la distribución está dada por conglomerados (ésto es común dentro de los cafetales mixtos); cada grupo de plantas contiene de 6 a 30 individuos de diferentes edades. Para describir la estratificación de las plantas de plátano se seleccionaron tres diferentes niveles, como se muestra en el cuadro 15, donde los límites de la altura del pseudotallo entre 76 y 178 cm corresponden a los vástagos dependientes de las plantas maduras; las alturas comprendidas entre 181 y 338 cm, a las plantas en maduración y las comprendidas entre 351 y 498 cm, a las plantas maduras. La falta de una tecnología para sostener la plantación de plátano en el cafetal, puede producir daños y algunas veces, se llega a considerar de una manera especulativa al plátano, como especie competitiva en la plantación del cafeto. La cobertura promedio por grupo es de 16.95 ± 5.63 y la densidad corresponde a 2087 individuos por hectárea. La densidad de plantación del naranjo corresponde a 125 individuos por hectárea y la CP es de $8.5 \pm 2.63 \text{ m}^2$.

En contraste con el cultivo mixto, en la figura 12 se observa el perfil diagramático del cultivo del cafetal al sol; aquí se favorece la proliferación de las plantas herbáceas entre los cafetos. En la parte inferior se encuentra el esquema de la cobertura de los mismos. La densidad de cafetos es de 1600 individuos por hectárea y el valor de CPC es de $3.23 \pm 0.42 \text{ m}^2$. Por lo anterior, la proyección de la sombra cubre el 51.6% del área total.

En la figura 13 se observa el perfil diagramático

CUADRO No. 14: ALTURAS (PROMEDIOS) DEL TRONCO LIBRE Y DE LA COPA DE LOS CAFETOS EN 4 DIFERENTES MANEJOS. LA ORDUÑA, COA TEPEC, VERACRUZ.

TIPO DE MANEJO	TRONCO (m)		COPA (m)		TOTAL
		s*		s*	
Mixto	0.52	0.17	2.93	0.35	3.37
Sombra	0.52	0.21	3.13	0.61	3.46
Sombra 2	0.48	0.19	2.60	0.52	3.05
Al Sol	0.45	0.17	2.31	0.47	2.83

*desviación standard con n = 60.

CUADRO No. 15: ESTRATIFICACION DEL PSEUDOTALLO (cm) Y LONGITUD EN LAS HOJAS (cm) DEL PLATANO.

COMPARTIMIENTO	NIVELES DE ALTURAS DEL PSEUDOTALLO (cm)					
	76-178	s*	181-338	s	351-498	s
Altura del pseu dotallo	131.9	28.3	261.1	42.8	420.9	43.3
Longitud de las hojas	95.4	28.9	257.6	35.1	333.8	32.1

*desviación standard con n = 60

CUADRO No. 16: ALTURAS (PROMEDIOS) DEL TRONCO, TALLOS LIBRES Y DE LA COPA EN *Inga jinicuil* Sch. E *Inga leptoloba* Sch. LA ORDUÑA, COATEPEC, VERACRUZ.

ARBOL	TRONCO (m)		TALLOS		COPA (m)		TOTAL
		s*		s		s	
<i>Inga jinicuil</i> Sch.	0.17	0.61	3.33	0.71	9.5	0.5	14.0
<i>Inga leptoloba</i> Sch.	1.68	1.53	2.21	1.43	3.54	0.61	7.43

*desviación estándar con n= 60

del cultivo del cafetal con árboles de sombra *Inga jinicuil*, así como la proyección de la copa de las especies que contiene el cultivo, en un transecto de 5 x 40 m. Uno de los aspectos notables de este cafetal, es la sobreposición de las copas, similar a la que se observa en el cultivo mixto; aunado a esto, es necesario mencionar, que el árbol de sombra tiene una altura promedio de 14.0 m. La densidad de los cafetos es de 1540 individuos por hectárea, con un valor de CPC igual a $3.44 \pm 0.62 \text{ m}^2$. La densidad de los árboles de sombra corresponde a 205 plantas por hectárea y la cobertura promedio por individuo es de $62.4 \pm 8.9 \text{ m}^2$.

La figura 14 corresponde al perfil del cultivo del cafetal con *I leptoloba* y la parte de abajo, a la proyección de las copas de estas especies. Como se puede observar, este cafetal, desde el punto de vista arquitectónico, es distinto, del anterior y el árbol de sombra tiene una altura promedio de 6.43 m, con una distribución horizontal de la copa que tiene un menor grosor, comparada con la copa de distribución vertical de *I. jinicuil*. La densidad de la plantación de los cafetos es de 1560 individuos por hectárea, con un valor de CPC de $3.34 \pm 0.52 \text{ m}^2$; el valor de la cobertura por árbol de sombra corresponde a $36.98 \pm 6 \text{ m}^2$ y la densidad es de 225 individuos por hectárea.

Es menester hacer mención de la diferencia en la composición florística y en la abundancia relativa de las especies herbáceas encontradas en los cuatro tipos de cafetal. En los cuadros 17 al 20, se presentan las especies identificadas para cada tipo de estructura y se señala la abundancia y la exposición a la luz. En general, dominan las especies de la familia Commelinaceae; pero en el cultivo al sol, las especies de *Commelina* se localizan bajo la sombra de los cafetos; los cafeticultores consideran a estas especies (conocidad con el nombre común de "matlali") como conservadoras

del suelo. En contraste, en el cafetal al sol dominan especies de las familias Gramineae y Compositae; por lo tanto, el cultivo al sol presenta la mayor diversidad de especies de herbáceas. Lo anterior indica que la diversidad de éstas en los cafetales, se relacionan con las condiciones de luz de los tipos de cultivos.

DISCUSION

La presencia de las especies herbáceas anuales o perennes, se encuentra íntimamente relacionada con la estructura de los diferentes cafetales estudiados. El manejo de la estructura del cafetal, es fundamentalmente para regular el crecimiento, desarrollo y diversidad de las especies herbáceas en el cultivo. Este proceso está supeditado a la oportunidad de contar con mano de obra (para el caso del cultivo al sol, se realizan 2 limpieas por año); sin embargo, debemos mencionar que el uso de herbicidas disminuye el gasto de mano de obra. Para los que intentan beneficiar al pequeño cafeticultor marginado, mencionamos las palabras del señor Ruperto Opush, asesor de la finca de La Orduña; "Primero debemos dar alimento, mediante el trabajo, al alto porcentaje de pequeños cafeticultores que viven de fincas con grandes extensiones cultivadas, no produciendo el desplazamiento de mano de obra con el uso de herbicidas y llevar a cabo un combate de "malezas" de una manera más inteligente".

El cafeticultor ha desarrollado, a través de siglo y medio aproximadamente de cultivar el cafetal, sus propios sistemas de control y ha llegado a reconocer que las especies herbáceas no necesariamente son perjudiciales; por ejemplo, las especies del género *Commelina*.

Aún cuando en la literatura (INMECAFE, 1974) se men

CUADRO No. 17: ESPECIES IDENTIFICADAS EN UN CULTIVO MIXTO
 (I. jinicuil Sch., I. leptoloba Sch., Musa
 sapientum L., Citrus sinensis (L.) Osb. Y
 PRINCIPALMENTE Coffea arabica L.)

ESPECIES HERBACEAS	A B U N D A N C I A			EXPOSICION A LA LUZ		
	abundante	regular	escasa	sol	sombra	ambos
<i>Acalypha</i> sp.	X					X
<i>Amaranthus hybridus</i> L.			X			X
<i>Commelina</i> sp.	X					X
<i>Galinsoga ciliata</i> (Raf.) Blake			X			X
<i>Saracha procumbens</i> (Cav.) Ruiz y Pavón			X			X
<i>Solanum hartwegii</i> Benth.			X			X

CUADRO No. 18: ESPECIES IDENTIFICADAS EN UN CULTIVO DE CAFETAL A LA SOMBRA (*Coffea arabica* L. CON *Inga leptoloba* SCH.)

ESPECIES PERBACEAS	A B U N D A N C I A			EXPOSICION A LA LUZ		
	abundante	regular	escasa	sol	sombra	ambos
<i>Acalypha</i> sp.			X			X
<i>Bidens pilosa</i> L.		X		X		
<i>Commelina diffusa</i> Burmf.		X				X
<i>Commelina</i> sp.	X				X	
<i>Galinsoga ciliata</i> (Raf.)		X				X
<i>Melampodium microcephalum</i> Less.		X				X
<i>Paspalum notatum</i> Fluegge		X				X
<i>Phyllanthus niruri</i> L.				X		X
<i>Saracha procumbens</i> (Cav.) Ruiz y Pavón				X		X
<i>Tripgandra serrulata</i> (Vahl) Hanlos						

CUADRO No. 19: ESPECIES IDENTIFICADAS EN EL CULTIVO A LA SOMBRA CON *Inga jinicuil* Sch.

ESPECIES HERBACEAS	A B U N D A N C I A			EXPOSICION A LA LUZ		
	abundante	regular	escasa	sol	sombra	ambos
<i>Commelina diffusa</i> Burmf.		X				X
<i>Commelina</i> sp.	X				X	
<i>Saracha procumbens</i> (Cav.) Ruiz y Pavón			X		X	

CUADRO No. 20: IDENTIFICACION DE ESPECIES EN UN CULTIVO DE CAFETAL
AL SOL (*Coffea arabica* L.)

ESPECIES	ABUNDANTE	REGULAR	ESCALA	SOL	SOMBRA	AMBOS
<i>Aldama dentata</i> Llave & Lex		X		X		
<i>Amaranthus hybridus</i> L.		X		X		
<i>Bidens pilosa</i> L.	X			X		
<i>Brachiaria plantaginea</i> (Link) Hitchc.	X			X		
<i>Commelina diffusa</i> Burm. F.	X					X
<i>Commelina</i> sp.	X				X	
<i>Digitaria sanguinalis</i> Scop.		X		X		
<i>Euphorbia graminea</i> Jacq.			X			X
<i>Galinsoga ciliata</i> (Raf.) Blake		X		X		
<i>Melanpodium microcephallum</i> Less.	X			X		
<i>Oxalis</i> sp.		X			X	
<i>Panicum</i> sp.	X			X		
<i>Phyllanthus niruri</i> L.			X			X
<i>Rumex obtusifolius</i> L.		X		X		
<i>Saracha procumbens</i> (Cav.) Ruiz y Pavón	X			X		
<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) Beauv.		X		X		
<i>Solanum hartwegii</i> Benth.			X	X		
<i>Solanum nigrum</i> L.		X		X		
<i>Tithonia macrophylla</i> Watson			X	X		
<i>Tripogandra serrulata</i> (Vahl) Hanf.	X					X

cionan diferentes sistemas de combate, incluyendo el herbicida, es recomendable estimular el manejo de la copa de los árboles de sombra como una práctica que regula el crecimiento , el desarrollo y la diversidad de las especies herbáceas.

Los cultivos estudiados, indican una marcada diferencia estructural que apunta la necesidad de entender con precision los siguientes aspectos: la influencia que tiene la densidad y la diversidad de las especies en cada uno de ellos; el tamaño y la forma de la copa de los árboles de sombra sobre la incidencia de la luz; la producción de materia orgánica (hojarasca); la distribución del agua en el suelo y la relación directa entre el tipo de estructura y el equilibrio de los nutrimentos.

III.3.B: DISTRIBUCION Y ESTRATIFICACION DE LA BIOMASA AEREA

Como mencioné, en la zona cafetalera de Xalapa-Coatepec-Teocelo, Veracruz, dominan cafetales mixtos (70% aproximadamente) como asociaciones que representan en su estrutura, árboles de sombra de jinicuil, con edades superiores a los 50 años, mezclados con cafetos (principalmente de la var. arabigo), plátanos, cítricos y otros, originando una comunidad similar al estado sucesional secundario de los ecosistemas originales; suponiendo esta estructura, podemos entender la elevada tasa de producción de materia orgánica; sin embargo, los rendimientos del café en cereza son muy bajos, algunas veces con valores promedios de 0.5 kg de café en cereza por planta, lo que hace que se consideren agroecosistemas improductivos.

Estrato herbáceo. El valor promedio de la cosecha de estas especies herbáceas, corresponde a $0.13 \pm 0.06 \text{ kg/m}^2$, con un alto valor en el coeficiente de variación (46 cv). Lo

anterior significa que la biomasa del estrato herbáceo es de 1 300 kg/ha.

Cafetos. La estimación de la biomasa de los cafetos, es de 4.63 ± 2.01 kg/planta. Este valor representa la suma de la biomasa por compartimentos o sea, 0.64 ± 0.24 kg. para hojas (15%); 2.1 ± 0.85 kg, para ramas plagiotrópicas (45%) y 1.9 ± 1.4 kg para ramas ortotrópicas (40%). Cada valor en biomasa por compartimiento, se ha expresado en porcentajes; en relación a la biomasa de los órganos estructurales (ramas orto y plagiotrópicas), está representa el 85% de la biomasa total de la planta, esto significa que el porcentaje de órganos lignificados con respecto a la biomasa fotosintética es alto, lo cual, repercute en la baja producción del café en cereza. Aunado a esto, la densidad de cafetos es alta, con 3 600 plantas/ha y los cafetos tienen diferentes edades.

En resumen, la biomasa de los cafetos equivale a 16.66 ± 7.23 ton/ha.

Plátano. La biomasa por planta de plátano, es de 13.3 ± 2.76 kg. Inicialmente en cada planta que se muestreó, se calculó la biomasa por compartimientos, de una manera similar al procedimiento usado para los cafetos, estimandose los siguientes valores: 2.3 ± 0.54 kg. en hojas (18%) y 11.0 ± 2.70 kg, en pseudotallo (82%). Aún cuando el 82% corresponden al pseudotallo, no se puede inferir que es bajo el porcentaje de fitomasa, es decir, la relación es normal, por lo tanto, es completamente diferente con respecto al análisis que se hizo anteriormente con el café.

La densidad de los plátanos resultó muy alta, aproximadamente de 750 individuos/ha, lo cual significa que la bio

masa corresponde a 9.97 ± 2.07 ton/ha; si inferimos este valor en peso fresco, es sorprendente el alto contenido de agua; esta propiedad de almacenar agua, es aprovechada por algunos cafeticultores en la época de sequía, porque cortan las plantas de plátano y en el suelo las trituran, esta práctica permite proporcionarle agua a las raíces de los cafetos y disminuir la evaporación del suelo.

Arboles de sombra (*Inga jinicuil*). Como mencioné, en el muestreo de árboles, se identifican dos edades: el primer grupo denominado "viejos" (60-66 años) y el segundo como "jóvenes" (42-44 años de edad). La estimación de la biomasa es de 1 786 kg/árbol y 253 kg/árbol para los viejos y jóvenes respectivamente. El cálculo de la biomasa por compartimientos en los árboles viejos, representan los siguientes valores: 19.0 kg en folíolos (1% de hojas en renovación); 1 063 kg en ramas (57%) y 704 kg en troncos (42%). En el caso de los árboles jóvenes, los cálculos por compartimiento es igual a: 6 kg en folíolos (2%), 163 kg en ramas (64%) y 83 kg en troncos (34%). El proceso de defoliación ocurrió en el mes de marzo; sin embargo, es alto el porcentaje de biomasa de las ramas y en segundo lugar, de los troncos.

La biomasa total por hectárea de los árboles, se calculó en base a la densidad de los mismos: 10 árboles viejos y 40 jóvenes, respectivamente.

La biomasa por hectárea de los árboles de jinicuil correspondió a 27.98 ton/ha.

Epífitas. En los resultados respecto a la biomasa total de las epífitas por árbol, destacan las diferencias entre las epífitas de los árboles viejos con respecto a las de los árboles jóvenes; en el primer caso se calculó 159 kg/árbol y en el segundo 3.5 kg/árbol. De los valores anterior-

res, podemos inferir que la biomasa de las epífitas de los jinicuiles, aumenta con la edad de los árboles. Es común desprender o "limpiar" a los árboles de sombra, de los "tenchos" (generalmente son *Bromeliáceas*); sin embargo, en una edad determinada, el árbol deja de ser funcional como sombra, debido a la altura, alta densidad de epífitas, el grosor de las ramas, etc. y en este momento se observa la riqueza de especies epífitas.

El cuadro 21, presenta la lista de especies epífitas, colectadas en los jinicuiles estudiados. Se observa una importante riqueza de especies, el mayor número de especies (39) corresponde a los árboles viejos y 21 especies para los árboles jóvenes.

Si se consideran los cuatro árboles, se comprueba que la familia con más representantes fue la *Bromeliácea* con 13 especies; seguida por *Piperaceae* y *Polypodiaceae* dentro de los helechos, con ocho cada una.

Otro hecho que debe destacarse es la importante contribución que hacen las epífitas al ecosistema como productoras primarias. En la cuantificación total de la biomasa de epífitas, se estimaron 1 730 kg/ha.

Es interesante la diversidad y biomasa de epífitas que viven sobre los árboles de sombra, especialmente sobre los jinicuiles que han reducido su importancia como sombra propiamente. En este caso la producción de las epífitas tiene una importancia significativa en la circulación de los nutrimentos.

Los resultados de la biomasa del agroecosistema cafetalero, expresados en kg/ha, se presentan en el siguiente orden decreciente: 27 980 en árboles de sombra; 16 660 en cafetos; 9 970 en biomasa de plátanos; 1 730 en epífitas y 1 300

CUADRO No. 21: LISTA FLORISTICA DE EPIFITAS COLECTADAS
EN DIFERENTES ARBOLES

NOMBRE CIENTIFICO	Nº de Arboles*				Nº de Co-lecta
	1	4	2	3	
Araceae					
<i>Anthurium scandens</i> (Aubl.) Engl.	+	+	+	+	A698
Araliaceae					
<i>Oreopanax capitatus</i> (Jacq. Decne.) Decne & Planchon		+			EJ11
Bromeliaceae					
<i>Tillandsia fasciculata</i> va. <i>densispica</i>	+				A704
<i>Tillandsia fasciculata</i> Swartz	+		+	+	A706
<i>Tillandsia schiedeana</i> Steudel	+	+	+	+	A705
<i>Catopsis sessiflora</i> (Ruíz y Pavón) Mez	+	+			EJ6
<i>Urisea</i>					s/n
Cactaceae					
<i>Rhipsalis baccifera</i> (J. Miller) Stearn	+	+	+	+	A700
<i>Rhipsalis</i> sp.					s/n
Lycopodiaceae					
<i>Lycopodium linifolium</i> L.	+				s/n
Orchidiaceae					
<i>Campylocentrum</i> sp.	+				s/n
<i>Encyclia ochracea</i> (Lindley) Dressler	+				A702b
<i>Isochilus linearis</i> (Jacq.) R.B.R.			+		EJ1
<i>Laelia</i> aff. <i>anceps</i> Lindl.					s/n
<i>Nidema bouthii</i> (Lindley) Schltr.	+	+			A702a
Piperaceae					
<i>Peperomia denticularis</i> Dahl.	+				A696
<i>Peperomia glabella</i> (Swartz) A. Dietr.	+	+			A699
<i>Peperomia</i> aff. <i>deppeana</i> Cham. & Schlechtendal					s/n
<i>Peperomia</i> aff. <i>glabella</i> (Swartz) A. Dietr.					s/n
Polypodiaceae					
<i>Polypodium angustifolium</i> Swartz	+				A703
<i>Polypodium aureum</i> L.					EJ12
<i>Polypodium furfuraceum</i> Cham.	+		+	+	A701
<i>Polypodium lanceolatum</i> L.	+		+	+	A697
MUSGOS					
Orthotrichaceae					
<i>Schlotheimia rugifolia</i> (Hook.) Schwaegr.	+				s/n
Mateoriaceae					
<i>Papillaria deppii</i> (C. Muell.) Jacq.	+	+	+		s/n
<i>Papillaria nigrescens</i> (Hedw.) Jacq.	+	+	+		s/n
LIQUEN					
<i>Hemphothallon sanguineum</i>	+	+	+	+	s/n

*1 y 4 son "árboles viejos"
2 y 3 se consideran "árboles jóvenes".

en biomasa del estrato herbáceo (principalmente de *Commelina* sp.), la suma total es de 57 640 kg/ha.

III.3.c: PRODUCCION DE MATERIA ORGANICA

Aporte del estrato herbáceo. En general, el cultivo mixto no está sujeto a limpieas, por la escases del estrato herbáceo. Los valores de la cosecha corresponden a los períodos de deshierbe. En el primer período (en mayo) se estimaron los siguientes valores: 36 kg/ha, para el cultivo con sombra 1; 1 142 kg/ha, en el cafetal con sombra 2 y 1 851 kg/ha, en el caso del cultivo al sol. Los valores del segundo período (en septiembre) corresponden a: 107 kg/ha, con sombra 1; 1 458 kg/ha, en el cultivo con sombra 2 y 2 112 kg/ha, al sol.

El orden de producción de materia orgánica es el siguiente: al sol > con sombra 2 > sombra 1. La producción es mayor en la segunda limpia, la cual coincide con la época de lluvias intensivas. Los porcentajes de cenizas corresponden a 6 y 8.5 en raíz y parte aérea, respectivamente.

Aporte de las plantas de plátano. En el cuadro 22 se presentan los promedios para la biomasa de las hojas de plátano. Los valores corresponden al peso húmedo (PH) y al peso seco (PS) de la hoja y del pedicelo.

Con el objeto de seleccionar las relaciones más apropiadas, presentamos las siguientes ecuaciones para estimar la biomasa total de las hojas:

$$PH_{hp} = 0.1547 X^{2.328}$$

$$PS_{hp} = 0.0996 X^{2.553}$$

donde PH_{hp} , corresponde al peso húmedo (g) de las hojas más

el pecíolo (hp) y X es la longitud máxima de la hoja (hp). PS_{hp} es el peso seco (g) de las hojas más el pecíolo (hp) y X, corresponde a la longitud máxima (hp). Los coeficientes tienen valores de 0.98 en ambos casos.

Por lo anterior, conociendo la variable X, calculamos el aporte de biomasa de las hojas (incluye pedicelo, lámina y nervación).

En el cuadro 23 se muestran los valores promedios de la altura, volumen y densidad de las muestras del pseudotallo. También se presenta el porcentaje de agua y de biomasa (peso seco), estos valores se pueden usar en el cálculo del peso seco, cuando conocemos el peso fresco del pseudotallo. Con respecto al rizoma de plátano, se obtuvo un porcentaje promedio de agua de 84.44 ± 3.25 y para estimar la biomasa del rizoma (R) seleccionamos la siguiente relación:

$$R = 6.592 X - 307.8$$

R, se expresa en peso seco (g) y X, es la altura del pseudotallo (cm). El número de muestras fue de 23 con un intervalo de alturas de 76-498 cm.

En el caso del racimo de plátano (f), seleccionamos la siguiente relación:

$$f = 0.522 X - 1.36$$

donde f, se expresa en peso seco (g) y X corresponde al número de manos. El porcentaje de agua en promedio es de 83.56 ± 5.04 para 50 racimos. Los valores promedio del número de manos correspondió a 7 ± 3 .

Se realizaron mediciones usando las relaciones men-

CUADRO No. 22: VALORES PROMEDIOS DE LONGITUD (cm), PESO HUMEDO (g), PESO SECO (g) PORCENTAJE DE AGUA Y BIOMASA (g, PESO SECO) EN HOJAS, PECIOLLO Y HOJAS + PECIOLLO DEL PLATANO.

COMPARTIMIENTO	MEDIA*	s**	ERROR STANDARD DE LA MEDIA
Longitud	139.80	344.60	30.58
Peso húmedo	259.74	493.80	43.82
HOJAS (h)			
Peso seco	45.28	97.87	8.68
Porcentaje de agua	86.73	4.99	0.44
Porcentaje de biomasa	13.27	4.99	0.44
PECIOLLO (p)			
Longitud	14.56	14.19	1.26
Peso húmedo	59.14	109.22	9.69
Peso seco	3.99	9.04	0.80
HOJAS + PECIOLLO (hp)			
Longitud	154.36	345.75	30.68
Peso húmedo	318.88	597.05	52.98
Peso seco	49.28	105.67	9.37
PECIOLLO (hp)			
Porcentaje de agua	88.73	4.38	0.38
Porcentaje de biomasa	11.27*	4.38	0.38

* donde n = 127

** desviación estándar.

CUADRO No. 23: VALORES PROMEDIOS DE ALTURA (cm), VOLUMEN (cm³), DENSIDAD (g/cm³), PORCENTAJE DE AGUA Y DE BIOMASA (PESO SECO) EN MUESTRAS DEL PSEUDOTALLO DEL PLATANO.

	MEDIA*	s**	ERROR STANDARD DE LA MEDIA
Altura (cm)	50.42	93.89	5.83
Volumen (cm ³)	4628.50	444.38	61.24
Densidad (g/cm ³)	0.033	0.036	0.003
Porcentaje de agua	94.35	5.11	0.44
Porcentaje de biomasa (peso seco)	5.644	5.11	0.44

*donde n = 137

**desviación estándar

CUADRO No. 24: VALORES ESTIMADOS DE APORTACION DE MATERIA ORGANICA (Kg/Ha/año) Y EL CONTENIDO (%) DE CENIZAS EN PLAN—TAS DE PLATANO.

C O M P A R T I M E N T O S				
RIZOMA	PSEUDOTALLO	HOJAS	FRUTA	TOTAL
1 419	12.65	231.5	1 311	4 227
6.8	5.8	4.6	9.5	---

cionadas, en aproximadamente el 25% de la población de plátanos (575 plantas); por lo tanto, en cada corte de plátano, se realizaron las mediciones correspondientes y posteriormente, a la biomasa se le restó el porcentaje de cenizas. Es importante aclarar que no se extraen los racimos una vez que han madurado las plantas, permitiéndose su reincorporación al suelo. En el cuadro 24 se presentan estos valores.

Producción de café en cereza. En el cuadro 25, se presentan algunas características de las variedades de los cafetos y los valores de producción de café en cereza en el orden decreciente de 1742 kg/ha/año, 1273 kg/ha/año, 1206 kg/ha/año y 768 kg/ha/año (peso húmedo) para los tipos de estructuras siguientes: cultivo con sombra 1, sombra 2, al sol y mixto. En este cuadro no se incluyen las cantidades de café en cereza que caen al suelo durante el corte o por maduración antes de cada cosecha, por lo tanto, se consideran como una fracción de aporte de la materia orgánica de los cafetos al suelo.

Aporte de la Materia Orgánica de los Cafetos. El cuadro 26, muestra los valores promedio de aporte de materia orgánica de los cafetos (el cuadro 23 contiene los porcentajes de cenizas para los componentes principales de la biomasa en cafetos). El cuadro 27 presenta los valores estimados de aporte de materia orgánica anual, en los cuatro tipos de estructuras; aquí se muestra que el mayor aporte corresponde al cultivo con sombra 2 y al sol, estos cafetos presentan una elevada tasa de caída de hojarasca durante el año.

El mayor aporte de los componentes de la materia orgánica en el cafetal, corresponde a las hojas. En la figura 15 se presenta la relación entre la producción de hojas y el tiempo, es importante señalar que la mayor tasa de caída de hojas se presenta en la época de sequía, debido al proce

so de abscisión; sin embargo, es notable la diferencia en la tasa de producción de hojas durante el año, para cada tipo de estructura. En el caso de la época de lluvias, suponemos que el agua no es el factor que interviene en las diferentes tasas de aporte de hojas, porque los cuatro cultivos se encuentran en iguales condiciones de humedad; por lo tanto, la máxima tasa de producción de hojarasca de cafetos corresponde al cultivo al sol y le sigue el cultivo con árboles de chalahuite; el tercer y cuarto lugar corresponde a los cultivos con árboles de jinicuil y mixto, respectivamente. Por lo anterior, pensamos que las condiciones de iluminación para cada cultivo, influyen en la tasa de caída de hojas. Los valores sobre la producción total son del orden siguiente: 2079 kg/ha/año (al sol); 1527 kg/ha/año (sombra 2); 1380 kg/ha/año (sombra 1) y 1104 kg/ha/año (cultivo mixto).

En Árboles de Sombra. Los valores del segundo cuadro 29 corresponden al aporte de materia orgánica de los componentes principales de la hojarasca, de los árboles de sombra, en cafetales con las estructuras siguientes: mixto, sombra 1 y sombra 2. Estos valores son el promedio de 52 semanas de colecta; usándose posteriormente para estimar la producción de materia orgánica anual, como se muestra en el cuadro 30. En general, el mayor porcentaje de aporte de materia orgánica proviene de las hojas, con valores que oscilan entre 74.3 y 70.7; el segundo lo ocupan las ramas, con valores entre 20.8 y 17.7 y el último lugar corresponde a heces, flores, frutos y otros. Sin embargo, cada árbol de sombra en los cafetales con las estructuras señaladas, presenta diferencias notables con respecto a la materia orgánica de los órganos reproductores; por ejemplo, las diferencias entre el aporte proveniente de las flores; podemos afirmar en el caso del chalahuite (sombra 2) que una parte de la energía es dedicada a la producción de flores, pero

CUADRO No. 25: ALGUNAS CARACTERISTICAS FENOLOGICAS Y ESTIMACION DE LA PRODUCCION (Kg/Ha DE CAFE EN CEREZA) EN DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURA.

TIPO DE ESTRUCTURA	VARIETADES	PROPORCION DE INDIVIDUOS	EDAD DE LOS CAFETOS (ANOS)						PRODUCCION Kg/Ha
			1-2	2-10	10-20	20-30	30-40	40-50	
MIXTO	Bourbón	33.52	6.16	23.19	4.35	1.09	1.13		768
	Arábigo	64.49	1.81	23.19	18.12	6.00	9.06	5.80	
SOMBRA 1	M. Novo	31.15	4.10	14.34	10.25	2.46			1742
	Arábigo	69.85	1.23	17.62	26.23	2.05	20.90	0.82	
SOMBRA 2	Bourbón	33.7	4.07	27.41	1.85	0.37			1273
	Arábigo	66.3	3.70	20.00	18.15	5.93	8.89	5.56	
SOL	Arábigo	77.13	1.35	25.11	27.00	16.14	2.69	1.79	1206
	M. Novo	8.52	2.24	5.74					

*La cosecha se realizó del 22 de diciembre de 1977 al 24 de febrero de 1978.

101

CUADRO No. 26: VALORES PROMEDIOS* DE APOORTE DE MATERIA ORGANICA DE LOS CAFETOS, EN CUATRO TIPOS DE ESTRUCTURAS.

COMPONENTES PRINCIPALES	TIPO DE ESTRUCTURA							
	MIXTO		SOBRA 1		SOMBRA 2		AL SOL	
	A	B	A	B	A	B	A	B
HOJAS	17.72	0.99	22.89	1.59	26.09	1.21	26.29	1.17
RAMAS	0.93	0.24	1.04	0.25	0.53	0.21	1.17	0.4
FRUTOS	2.71	0.52	2.62	0.67	2.59	0.57	6.26	2.01

A = media (peso seco, Kg/Ha/semana)

B = error standard de la media

* = donde n = 52 semanas

CUADRO No. 27: APOORTE DE MATERIA ORGANICA (Kg/Ha/año) DE LOS CAFETOS EN CUATRO TIPOS DE ESTRUCTURAS.

COMPONENTES PRINCIPALES	TIPO DE ESTRUCTURA							
	MIXTO		SOMBRA 1		SOMBRA 2		AL SOL	
	A	B	A	B	A	B	A	B
HOJAS	921		1190		1356		1367	
RAMAS	43		54		27		61	
FRUTOS	140		136		134		325	
TOTAL	1104		1380		1527		2079	

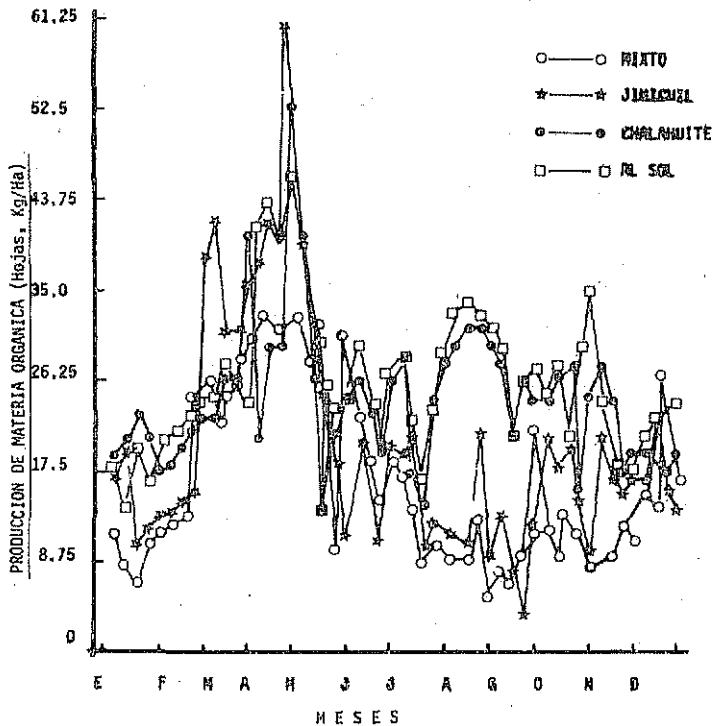


Fig.15. Aporte de materia orgánica de hojas (Kg/Ha/semana) de cafetos en los tipos de estructuras siguientes: Mixto (cafetos asociados con árboles de sombra y frutales); en cafetal con árboles de jinicuil; en cafetal con árboles de chalahuite y un cafetal al sol. Los valores comprenden registros semanales, 1978.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

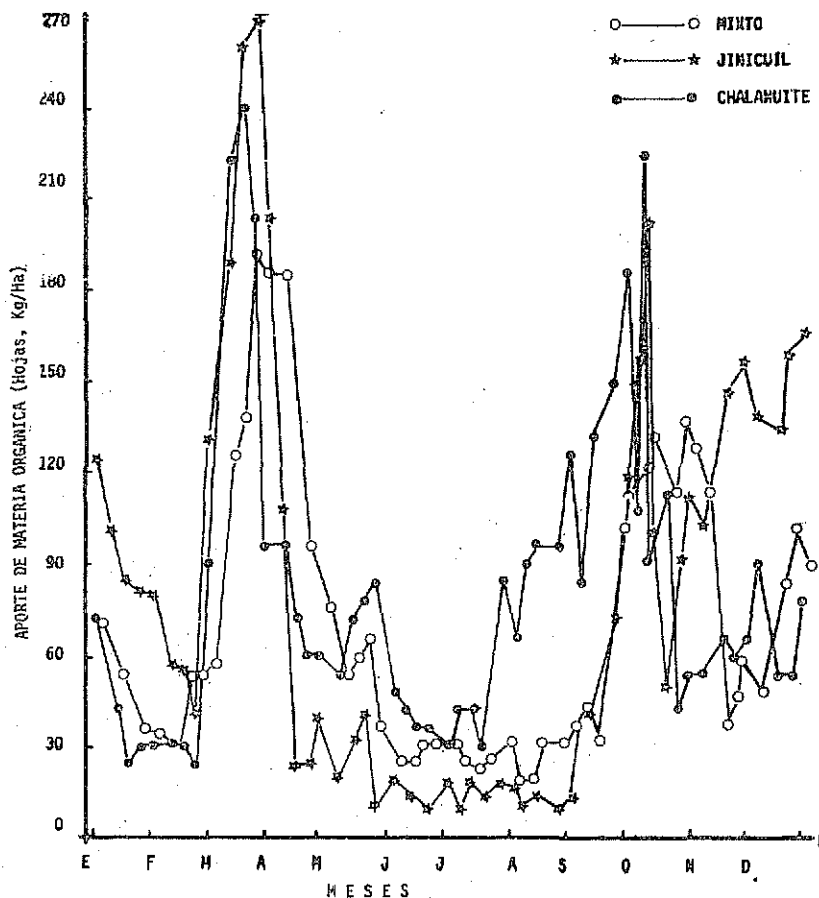


Fig. 16. Producción de materia orgánica de hojas (Kg/Ha/semana) de los árboles de sombra en cafetales con los siguientes tipos de estructuras: Mixto (mezcla de jinicuil y chalahuite); de árboles de jinicuil y árboles de chalahuite. Los valores corresponden a registros semanales, 1978.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

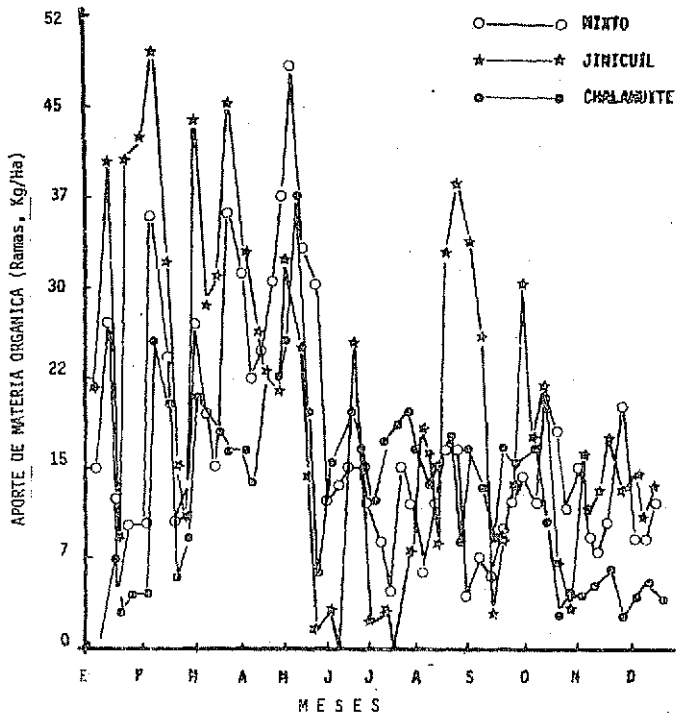


Fig. 17.- Producción de materia orgánica de ramas (Kg/Ha/semana) de los árboles de sombra en cafetales con los tipos de estructuras: Mixto (mezcla de jinicuil y chalahuite); de árboles de jinicuil y árboles de chalahuite. Los valores corresponden a registros semanales, 1978.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

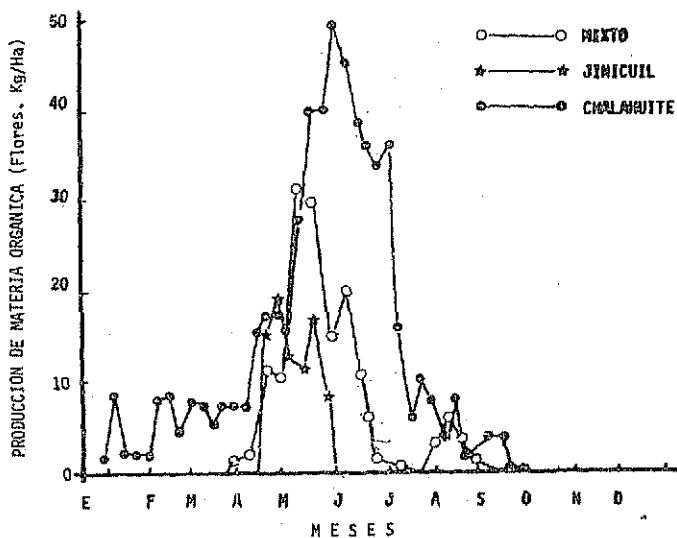


Fig. 18. Producción de materia orgánica de flores (Kg/Ha/semana) de árboles en los cafetales siguientes: Mixto (mezcla de jinicuill y chalahuite); en cafetal y árboles de jinicuill y en cafetal con árboles de chalahuite. Los valores corresponden a registros semanales, 1978.

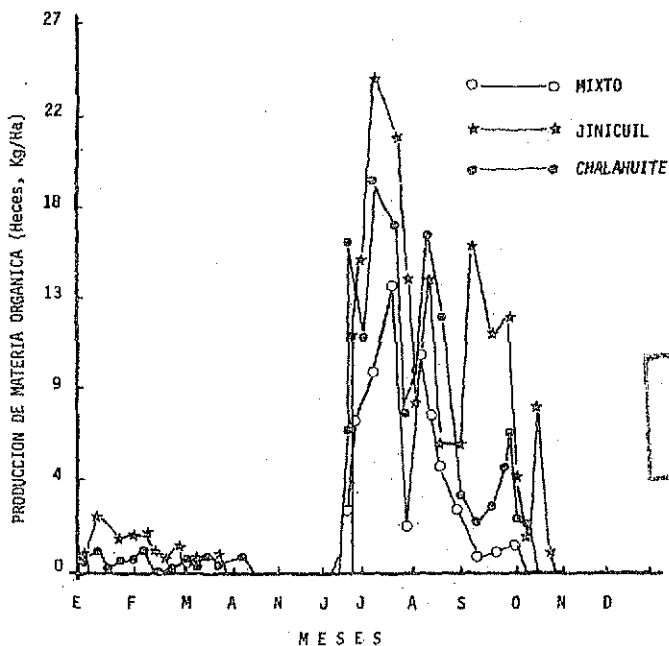


Fig. 19. Aporte de heces (Kg/Ha/semana) de árboles de sombra en cafetales: (Mixto (jinicuill y chalahuite); en cafetal con árboles de jinicuill y en cafetal con árboles de chalahuite. Los valores corresponden a registros semanales, 1978.

CUADRO No. 28: PORCENTAJE DE CENIZAS EN LA BIOMASA DE LA HOJARASCA, EN CAFETALES CON DIFERENTES ESTRUCTURAS.

TIPO DE ESTRUCTURA	COMPONENTES PRINCIPALES					
	HOJAS	RAMAS	HECES	FLORES	FRUTOS	OTROS
MIXTO						
Arboles de sombra	7.65	6.36	10.24	6.00	3.10	9.72
s	0.07	0.04	0.23	0.16	0.03	0.13
Cafetos	11.00	6.48	-	-	5.54	-
s	0.23	0.24	-	-	0.03	-
SOMBRA 1						
Arboles de jinicuil	7.39	6.59	9.84	9.48	4.03	-
s	0.06	0.05	0.41	0.07	0.08	-
Cafetos	9.57	7.64	-	-	4.33	-
s	0.17	0.18	-	-	0.24	-
SOMBRA 2						
Arboles de chala huite	7.31	6.81	11.04	6.33	-	7.98
s	0.14	0.13	0.56	0.08	-	0.19
Cafetos	9.90	7.64	-	-	3.48	-
AL SOL						
Cafetos	9.39	7.98	-	-	4.09	-
s	0.15	0.41	-	-	0.04	-

s = desviación standard (n = 3)

CUADRO No. 29: VALORES PROMEDIOS DE APORTE DE MATERIA ORGANICA (Kg/Ha/año) DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE LA HOJARASCA DE LOS ARBOLES DE SOMBRA, EN CAFETALES CON TRES TIPOS DE ESTRUCTURAS.

COMPONENTES PRINCIPALES DE LA HOJARASCA	TIPO DE ESTRUCTURA					
	MIXTO		SOMBRA 1		SOMBRA 2	
	A	B	A	B	A	B
HOJAS	70.23	7.41	83.78	10.29	72.70	6.81
RAMAS	16.71	1.49	27.41	3.87	15.01	1.45
HECES	2.02	0.43	4.77	1.14	2.71	0.65
FLORES	2.87	0.90	5.54	2.94	11.81	2.39
FRUTOS	1.89	0.82	10.36	4.76	-	-
OTROS	0.85	0.30	-	-	0.62	0.31

A = media (peso seco, Kg/Ha/semana)

B = error standard de la media.

CUADRO No. 30: VALORES DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE LA HOJA-RASCA (Kg/Ha/año) DE LOS ARBOLES DE SOMBRA EN CAFE TALES CON TRES DIFERENTES ESTRUCTURAS.

TIPO DE ESTRUCTURA	COMPONENTES PRINCIPALES						TOTAL (Kg/Ha/año)
	HOJAS	RAMAS	HECES	FLORES	FRUTOS	OTROS*	
MIXTO							
Materia orgánica	3652.0	868.9	105.0	149.2	98.3	44.2	4917.6
Porcentaje de M.O.**	74.3	17.7	2.1	3.0	2.0	0.9	100.0
SOMBRA 1							
Materia orgánica	4356.6	1425.3	248.0	288.1	538.7	-	6856.7
Porcentaje de M.O.	63.5	20.8	3.6	4.2	7.9	-	100.0
SOMBRA 2							
Materia orgánica	3780.4	780.5	140.9	614.1	-	32.24	5347.6
Porcentaje de M.O.	70.7	14.6	2.6	11.5	-	0.6	100.0

*Epifitas, yemas de flores y de hojas, insectos y fragmentos de flores.

**Materia orgánica.

CUADRO No. 31: ESTIMACION DE LA PRODUCCION DE MATERIA ORGANICA TOTAL (Kg/Ha/año) EN CUATRO CAFETALES DE LA ORDUÑA, COATEPEC, VERACRUZ.

TIPO DE ESTRUCTURA	COMPONENTES PRINCIPALES						TOTAL
	ESTRATO HERBACEO	CAFETOS	ARBOLES DE SOMBRA			PLATANO	
			JINICUIL*	JINICUIL	CHALAHUITE		
MIXTO	--	1104	4918	--	--	4227	10249
SOMBRA 1	143	1380	--	6857	--	--	8380
SOMBRA 2	2600	1527	--	--	5348	--	9475
AL SOL	3963	2079	--	--	--	--	6042

no ocurre lo mismo con la producción de frutos (para estas condiciones ecológicas) y este fenómeno es inverso en el jinicuil (sombra 2). Otro punto que es importante mencionar, es la fracción de materia orgánica originada de las epífitas (incluidas en "otros") la cual está ausente en los árboles de jinicuil.

Periodicidad Fenológica en Árboles de Sombra. Los valores semanales de aporte de cada uno de los componentes de la hojarasca se utilizaron para construir las gráficas de las fig. 16 a 19, con el objeto de mostrar la periodicidad de aporte para cada compartimiento. La distribución de la temperatura y la precipitación para el área de estudio, son factores ecológicos importantes en las tasas de producción de materia orgánica. En general, las tasas de caída de hojarasca son altas en la época de sequía, principalmente cuando los mantos fráticos son profundos como sucede en los meses de marzo, abril y hasta mediados de mayo; éste fenómeno se observa en las figuras 16 y 17 (para hojas y ramas). La renovación de hojas ocurre en las primeras semanas de lluvias (de junio hasta agosto), al mismo tiempo aparecen orugas que se alimentan de las hojas jóvenes, como se puede observar indirectamente en las colectas de heces fecales (Fig. 19).

Otras peculiaridades son comunes entre el jinicuil y el chalahuite; en el primero, la época de floración es corta (de mediados de mayo a junio), en cambio en el chalahuite es muy larga (de enero a octubre), como se muestra en la figura 18.

La producción de materia orgánica correspondiente a los frutos del jinicuil tiene una duración aproximada de 7 semanas; y posiblemente la baja tasa de producción de hojas, comparada con el aporte de hojas de chalahuite (Fig.16), se

debe al hecho de que en el primero, una gran parte de la energía se dirige hacia la maduración de los frutos, con la consiguiente caída de ellos.

En resumen, la producción de materia orgánica total (suma de los componentes) de los árboles de sombra es de: 6856 kg/ha/año, 5347 kg/ha/año y 4917 kg/ha/año, para los tipos de estructura de cultivos con sombra 1, sombra 2 y mixto, respectivamente.

Los valores del cuadro 31 corresponden a la estimación de materia orgánica total en los cuatro cafetales estudiados. Los aportes de materia orgánica son de 10242 kg/ha/año (cultivo mixto); 9475 kg/ha/año (sombra 2); 8380 kg/ha/año (sombra 1) y 6042 kg/ha/año (al sol).

DISCUSION

Se mencionó que el cultivo del cafetal al sol contiene la mayor riqueza de especies herbáceas y que el número de estas especies disminuye de acuerdo con la estructura determinada por diferentes componentes. Con respecto a la producción de la materia orgánica del estrato herbáceo en los cuatro tipos de estructura, corresponde al cultivo al sol el valor más alto y en segundo lugar, al cafetal con árboles de chalahuite. La relación entre la riqueza de especies y la producción de materia orgánica en el cultivo al sol y en el de sombra de chalahuite es interesante, ya que en el segundo caso la copa de los árboles, por sus características de distribución, regulan la entrada de luz y este hecho está favoreciendo la dominancia del género *Commelina* (matlali) en el piso del cafetal, con la consecuente reducción de otras especies comunes en el cultivo al sol. Las especies herbáceas en el cultivo al sol, supuestamente compiten por nutrimentos con los cafetales, y la fertilización

química es la más importante entrada de nutrimentos, por lo tanto, las especies herbáceas en el cultivo al sol no pueden por sí mismas contribuir significativamente al mantenimiento del ciclo de materia orgánica, ya que inmediatamente después de cada "limpia", ésta tiene alta tasa de descomposición por la insolación directa y este fenómeno no favorece la presencia de una capa de hojarasca permanente, como sucede con los otros cultivos. Por otra parte, diversos trabajos presentan la influencia de la intensidad de luz en el metabolismo del cafeto (Tabada, 1946; Franco e Inforzato, 1950; Huerta, 1954; Montoya et al., 1961; Maestri y Barros, 1975), los resultados de estos, señalan que la ausencia de sombra trae como consecuencia una mayor actividad fisiológica en el cafeto y para mantenerla, se requiere un abastecimiento de fertilizantes en proporción a las necesidades fisiológicas. Otros estudios han demostrado la irracionalidad de estos sistemas que tienen por objeto elevar la producción económica, sin tomar en cuenta los problemas ecológicos y socioeconómicos que acarrearán (Ribas, 1949; Stevens, 1961; Wallis, 1970 y Taylor 1974 entre otros).

El plátano, se usa como sombra en las primeras fases de crecimiento y desarrollo de los cafetos y al mismo tiempo proporciona un ingreso adicional a los cafeticultores; sin embargo, la mayor parte de lo que produce no llega al mercado sino que se consume dentro de la unidad de producción (la familia). La producción de hojas, racimos y pseudotallos, no tiene carácter de mercancía, pero cumple con ciertas necesidades humanas. La creciente demanda de café en cereza para la exportación, aumentó la rentabilidad del cultivo de cafetos por unidad de superficie, provocando el descuido de la plantación de plátanos y de otros frutales, con la consiguiente propagación de plagas y enfermedades.

Por otra parte, los campesinos de escasos recursos

que venden su fuerza de trabajo en las grandes fincas para poder subsistir, forman la mayoría de los cafeticultores del país (pequeños cafeticultores) y el manejo del cafetal se realiza de manera intensiva como "huertas familiares".

Aún cuando no es el objeto en este trabajo discutir los problemas socioeconómicos, no podemos desligar la importancia de las tecnologías intensivas en contraste con la irracionalidad de los sistemas de producción de carácter extensivo y que requieren altos costos en términos energéticos, socioeconómicos y ecológicos.

La producción del plátano en peso fresco correspondió a 5.45 ton/ha/año (1211 kg peso seco) para la variedad estudiada. en este caso los racimos y los otros componentes de la planta se reincorporan al suelo (2915 kg peso seco) y por lo tanto, las plantas de plátano forman parte del proceso que incorpora la materia orgánica de una manera continua. Este hecho es importante en el ciclo de la materia orgánica y en otro trabajo se presentará su significancia en el ciclo de los nutrimentos, en especial en la recirculación del K^+ .

En la literatura existe abundante información relacionada con el manejo de las plantaciones como monocultivo, por ejemplo, las prácticas de elección del hijuelo, formas de plantación, selección del material vegetal, etc. (Haarer, 1965; Champion, 1968; Simmonds, 1973 y Lawani y Odubango, 1976), así como los problemas de plagas y enfermedades en las plantaciones (Vilardebo, 1959; Loos, 1960; Oren, 1960; Luc y Vilardebo, 1961; García, 1968; Salazar, 1970; Pérez Contreras, 1975 y Tezenas du Montcel, 1976). Estos estudios pueden contribuir para el desarrollo de técnicas de manejo ajustadas a la producción de café en cereza en "huertas familiares".

Otro aspecto de la discusión se relaciona con la producción de la materia orgánica y el papel de los árboles de sombra en el ciclo de esta dentro del cafetal.

Supuestamente cuando los árboles de sombra han alcanzado su máximo desarrollo, la energía está dirigida en gran parte a los procesos siguientes: 1) a la renovación del follaje; 2) a la producción de estructuras reproductivas; 3) al desarrollo y renovación de ramas foliares; 4) al incremento de biomasa en ramas, tallos, troncos y raíces y 5) al mantenimiento de los gastos durante las actividades metabólicas.

Los árboles de sombra se han considerado importantes en los cultivos porque regulan la entrada de luz para los cafetos, pero se olvida la importancia que tienen en el ciclo de la materia orgánica y por consiguiente, en el de los nutrimentos. El ciclo de la materia orgánica se establece de una manera constante durante el proceso de la caída de hoja rasca; este hecho es significativo en la transferencia de los nutrimentos en cualquier ecosistema (Bray y Gorham, 1964).

Como se mencionó en los resultados, la producción de materia orgánica por parte de los cafetos es muy baja, en comparación con los plátanos y los árboles de sombra. Por lo tanto los suelos de los cultivos mixtos presentan alto potencial agrícola debido a la presencia de un equilibrio de los nutrimentos y en cualquier momento que se decida reemplazar al cafetal por otros cultivos, estos suelos orgánicos tendrán prioridad.

Los cafetales con sombra descuidada y al sol, en general están en suelos erosionados y pobres en materia orgánica; en países con grandes extensiones de cafetal como Brasil, son reemplazados por pastos, caña de azúcar u otras

plantas de fácil adaptación y que requieren de pocos cuidados.

Por otra parte, las plantaciones mixtas a nivel de huertas familiares presentan diversas ventajas frente a los riegos e incertidumbres del mercado del café, facilitan la regulación del estrato herbáceo, pueden mejorar el nivel nutricional de la familia, propician el uso racional de la tierra, etc. Las plantaciones mixtas son sistemas de producción de diversas culturas del trópico americano (Kimber, 1966); lamentablemente, las relaciones capitalistas han producido una coacción socioeconómica en estas agriculturas tradicionales con el consecuente abandono de las mismas (Stouse, 1970). Diversos trabajos realizados en áreas geográficamente diferentes, muestran la racionalidad del manejo de cultivos asociados (Valdés, Machado y Uribe, 1960; Nelli, Bavappa y Nair, 1974, entre otros), sin embargo, grandes intereses han impedido un análisis cuidadoso sobre este problema.

III.3.E: COMPARACION DE LA PRODUCCION DE MATERIA ORGANICA

Contenidos de Materia Orgánica del Suelo. El cuadro 32 muestra los porcentajes de materia orgánica del suelo. En general, el bosque muestra los más altos valores en contenido de materia orgánica; en particular los horizontes de 0-10 y de 10-20 cm, tienen valores de 6.29 ± 1.06 y $5.44 \pm 1.27\%$, respectivamente. Con respecto a los valores de materia orgánica del suelo en los cuatro tipos de cafetal, no se observan diferencias, aún cuando el aporte de materia orgánica es distinto en cada tipo de estructura, los valores en la primera profundidad (0-10) van de 4.25 ± 1.69 a $4.75 \pm 0.16\%$, decreciendo a medida que aumenta la profundidad. En general, la superficie de los suelos en los cafetos, se

CUADRO No. 32: Porcentaje de materia orgánica del suelo de un bosque caducifolio y el cafetal

PROFUNDIDAD cm	T I P O S D E E S T R U C T U R A									
	BOSQUE	S*	CAFETAL MIXTO	S	SOMERA 1	S	SOMERA 2	S	AL SOL	S
0 - 10	6.29	1.06	4.25	0.69	4.75	0.16	4.60	0.60	4.55	0.59
10 - 20	5.44	1.27	3.08	0.70	2.65	1.16	2.37	1.03	3.29	0.34
20 - 30	3.44	2.06	1.38	0.95	2.46	1.10	2.71	0.90	2.95	1.01
30 - 40	2.39	1.24	1.45	0.11	2.11	0.35	1.62	0.50	2.22	1.05
40 - 50	1.54	0.33	1.43	0.18	1.64	0.30	1.52	0.55	1.26	1.02
50 - 60	0.93	0.42	0.59	0.10	1.46	0.13	1.69	0.27	1.02	0.60
60 - 80	0.86	0.35	0.83	0.35	1.30	0.33	0.86	0.28	0.51	0.17
80 - 100	0.52	0.28	0.35	0.47	1.02	0.37	0.31	0.20	0.43	0.06
100 - 200	0.23	0.04	0.25	0.33	0.43	--	--	--	--	--

*desviación estandar de tres re. jiciones

cubre de hojarasca, con buen drenaje superficial, y tienen suelos profundos, con excepción de los suelos del bosque, donde la pendiente es determinante en la profundidad de los mismos.

Producción de Materia Orgánica. Los valores de aporte de materia orgánica por compartimentos, así como su periodicidad de aporte, ya se presentó.

En los resultados del cuadro 33, aparentemente se observan diferencias en el aporte de materia orgánica anual, en particular con el cultivo al sol; por lo consiguiente, se aplicó un análisis estadístico, para conocer si hay diferencias significativas entre los tratamientos. El cuadro 34, presenta los valores de F calculada (0.87), correspondiendo el valor de F en tablas a 5.6, con un nivel de significancia al 0.05%, esto significa que el valor de F calculada, es menor con respecto al F de las tablas y por lo tanto, no hay diferencias entre los cinco tratamientos. Es importante mencionar, que el aporte de materia orgánica de las especies herbáceas es total, esto ocurre cuando las dos "limpias" se realizan con azadón y la pregunta es ¿hay diferencias significativas entre los tratamientos, cuando se disminuye el aporte de materia orgánica al realizar las limpieas con machete a la altura de 5 cm de los tallos de las herbáceas?, estos resultados están contenidos en el cuadro 35, aquí el valor de F calculada (14.3) es mayor con respecto al valor de F en tablas, a los niveles de 0.05 y de 0.01%, es decir, si hay diferencias entre los tratamientos: el bosque caducifolio, cafetal mixto, sombra 1, sombra 2 y al sol (aporte de biomasa aérea).

Otra hipótesis que planteamos, consistió en que si hay diferencias de los valores de aporte de materia orgánica entre el bosque caducifolio y los distintos tipos de ca-

fetales con árboles de sombra o sea, excluimos los valores del cultivo al sol; los resultados se presentan en el cuadro 36, donde el valor de la F calculada (0.84) resultó más bajo, con respecto a los valores de la F en tablas (2.6), por lo tanto, rechazamos la hipótesis con un nivel de 0.5%.

DISCUSION SOBRE LA COMPARACION DEL BOSQUE CADUCIFOLIO Y EL CAFETAL

La zona cafetalera de Coatepec, Ver., es un complejo mosaico de comunidades vegetales, donde domina la cafeticultura como la actividad económica más importante. Los bosques caducifolios (ahora solo relictos) no han recibido la menor atención dentro de un contexto ecológico regional.

El agrosistema forestal del cafetal, es uno de los más importantes entre los ecosistemas transformados por el hombre, por su similitud ecológica con el bosque caducifolio, esta conclusión también es válida para los estudios ecológicos de la avifauna (Aguilar, 1980). La importancia de los árboles de sombra (Leguminosas) en la fijación del nitrógeno y en el mantenimiento del equilibrio de este elemento en el ecosistema cafetalero es muy grande. Aún cuando los componentes del bosque (Miranda y Hernández X., 1963 y Zolá, 1980), no son comparables con los del cafetal desde el punto de vista funcional, sí son similares, ya que los árboles mantienen el equilibrio de los nutrimentos, mediante el aporte continuo de la materia orgánica y los nutrimentos.

Por lo anterior, la cuantificación de la materia orgánica como un parámetro en común, puede ser el punto de partida para seleccionar los tipos de estructura del cafetal con el objeto de sostener a largo plazo las mejores condiciones de conservación y manejo de los recursos abióticos

CUADRO No. 33: COMPARACION DE LA PRODUCCION DE MATERIA ORGANICA DE UN BOSQUE CADUCIFOLIO Y EL CAFETAL

TIPOS DE ESTRUCTURA	PRODUCCION DE MATERIA ORGANICA
	kg. ha ⁻¹ . año ⁻¹
Bosque caducifolio	8, 090
Cafetal Mixto	9, 260
Sombra 1	8, 467
Sombra 2	7, 470
Al sol	5, 686*

* El aporte del estrato herbáceo corresponde a 3, 420 kg. ha⁻¹. año⁻¹ (dos limpieas con azadón) y la otra fracción proviene de los cafetos. Registros de 1979.

CUADRO No. 34: ANALISIS DE VARIANZA DE LA PRODUCCION DE MATERIA ORGANICA DEL UN BOSQUE CADUCIFOLIO Y EL CAFETAL

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRADA	F
MEDIA	69 591. 5625	1	69 591. 5625	
TRATAMIENTOS*	44. 6602	4	112. 1650	0.8712**
BLOQUES	2 284. 6133	12	190. 3844	
ERROR EXP.	16 975. 2000	243	128. 5634	

* Al sol (se consideró la biomasa total = raíz + órganos aéreos)

** $\alpha = 0.05$

F₄, 243 = 5.60

F cal (0.8712). F Tablas (5,6)

CUADRO No. 35: ANALISIS DE VARIANZA DEL APORTE DE MATERIA ORGANICA
DE UN BOSQUE CADUCIFOLIO Y EL CAFETAL.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA	F
MEDIA	48 609.2891	1	48 609.2891	
TRATAMIENTOS*	5 960.3281	4	1 495.0820	14.3478**
BLOQUES	1 527.1562	12	127.2630	
ERROR EXP.	11 451.8100	243	104.2026	

* Al sol (Se consideró solamente la biomasa aérea)

** $\alpha = 0.05$

F_{4,243} = 2.37

$\alpha = 0.01$

F_{4,243} = 3.35

F cal (14.3478)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADRO No. 36: ANALISIS DE VARIANZA DE LA PRODUCCION DE MATERIA
ORGANICA DE UN BOSQUE CADUCIFOLIO Y EL CAFETAL

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRADA	F
MEDIA	53 242.3203	1	53 242.3203	
TRATAMIENTOS	317.0234	3	105.6744	0.8444*
BLOQUES	859.6055	12	154.9671	
ERROR EXP.	11 039.1000	192	125.1394	

* $\alpha = 0.05$

$F_{3,192} = 2.6$

F cal. (0.8444) F Tablas (2.6)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADRO No. 36: ANALISIS DE VARIANZA DE LA PRODUCCION DE MATERIA
ORGANICA DE UN BOSQUE CADUCIFOLIO Y EL CAFETAL

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRADA	F
MEDIA	53 242.3203	1	53 242.3203	
TRATAMIENTOS	317.0234	3	105.6744	0.8444*
BLOQUES	859.6055	12	154.9671	
ERROR EXP.	11 039.1000	192	125.1394	

* $\alpha = 0.05$

$F_{3,192} = 2.6$

F cal. (0.8444) F Tablas (2.6)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

y bióticos.

Con la selección de los tipos de estructura podemos avanzar en el estudio de las relaciones, entre las prácticas agrícolas y los factores ecológicos que determinan la alta productividad, donde se identifican las técnicas agrícolas que están mejorando la producción agrícola y al mismo tiempo la estabilidad ecológica del agroecosistema.

De acuerdo con las estimaciones de la producción de materia orgánica entre los diferentes tipos de cafetales, se ha podido observar que estos mantienen un aporte que puede ser comparable con el de los bosques originales, sin embargo, en el cultivo al sol disminuye el aporte de materia orgánica, principalmente cuando proviene de una fracción durante las "limpias".

III.5 EL BALANCE DE AGUA EN EL CAFETAL

El cuadro 37 presenta los valores del contenido de agua del suelo a partir de las lecturas de los tensiómetros. Las ecuaciones para estimar este contenido se usaron para el cálculo diario de agua del suelo, por horizontes y en los diferentes tipos de estructura.

La figura 20 es una comparación de las curvas de precipitación (P), evapotranspiración (ET) y de los cambios de contenido de agua del suelo (W); en el cultivo al sol (Figura 20a), el cultivo mixto (figura 20b) y el cafetal con árboles de I. c.f. *leptoloba* (figura 20c).

PRECIPITACION

En general, se observan dos períodos de precipitación, que corresponden a los meses de julio a octubre, siendo septiembre el mes más húmedo, y disminuye la precipitación a

partir de octubre, con un período relativamente seco en el mes de abril. La distribución de la precipitación es similar a los valores promedio de la fig. 7, lo cual indica, que los datos son comparables.

EVAPOTRANSPIRACION

La figura 20 muestra las pérdidas de agua por evapotranspiración para cada tipo de cafetal, éste componente del balance de agua se compara con la precipitación y con los cambios en el contenido de agua del suelo.

La evapotranspiración durante los meses de sequía (octubre-abril) presenta valores más altos con respecto a la precipitación, éste fenómeno se observa en el cultivo al sol y en el cultivo mixto. Lo anterior se puede interpretar como un período de deficiencia hídrica, que no se presenta en el cultivo con *I. leptoloba*, con excepción del mes de marzo.

En el cultivo con *I. leptoloba* se aprecia uniformidad en las pérdidas de agua por ET (20c).

Los valores de evapotranspiración en orden decreciente corresponden a: 1327 mm/año, en el caso del cultivo al sol; 1052 mm/año, en el cultivo mixto y 703 mm/año en el cultivo con árboles de chalahuite. Es importante recordar que la precipitación media anual es de 1957 mm (García, 1970), lo cual significa que aparentemente no hay un déficit hídrico en los tipos de estructuras señalados; sin embargo, el cultivo al sol puede resultar menos eficiente desde el punto de vista del aprovechamiento del agua para otros cultivos, como ocurre en el mixto.

La figura 21 muestra la comparación de las curvas de evapotranspiración en los tres tipos de estructuras del café

CUADRO No. 37:

ECUACIONES* PARA ESTIMAR EL CONTENIDO DE AGUA DEL SUELO (W) A PARTIR DE LAS LECTURAS DE LOS TENSIOMETROS (t), PARA DIFERENTES CAPAS DEL PERFIL DEL SUELO, EN TRES TIPOS DE ESTRUCTURA DEL CAFETAL. LA ORDUNA-COATEPEC, VERACRUZ.

Capa (cm)	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40	
	a	b	a	b	a	b	a	b
SOL	0.305	-0.00970	0.520	-0.03360	0.512	-0.02530	0.501	-0.02280
MIXTO	0.361	-0.32800	0.357	-0.35700	0.355	-0.28700	0.353	-0.23700
LEPTOLOBA	0.424	-0.11300	0.420	-0.12600	0.437	-0.09700	0.455	-0.00610

*La ecuación es: $W = ae^{bt}$

donde W, está definida (ml/cm^3); a, es la ordenada al origen; e, la base de los logaritmos Neperianos; b, indica el tipo de relación y t, corresponde a la lectura de los tensiómetros.

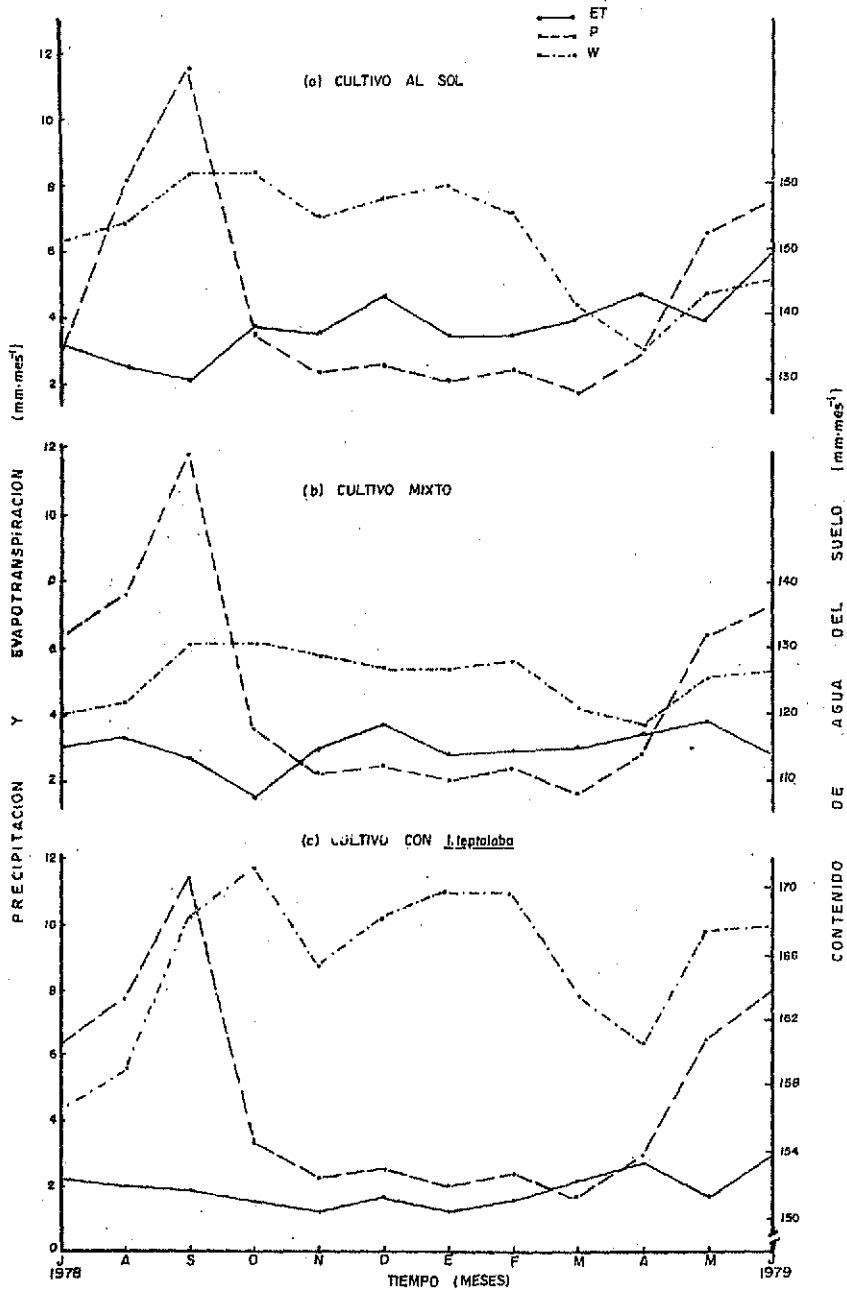


Fig. 20. Algunas relaciones hídricas en tres cultivos de cafetal.

tal; en general, las pérdidas de agua en el cultivo al sol son más altas, con respecto a los valores de evapotranspiración del cultivo mixto; los valores más bajos corresponden al cultivo con árboles de sombra de chalahuite (*I. leptoloba*). Con excepción de los meses de agosto y septiembre, las pérdidas de agua en el cultivo al sol, son mayores en relación con los otros cultivos.

Con el análisis de varianza, se determinó que las diferencias de evapotranspiración son altamente significativas. La F calculada es de 24.95, mientras que el valor de F en las tablas (con 27 grados de libertad y 5% de significancia), es de 6.0 al 1% de significancia es de

La comparación de la evapotranspiración en los tres diferentes manejos del cafetal, señala que en el cultivo al sol, ocurre la mayor evapotranspiración, comunidad donde la radiación incide plenamente sobre el suelo y los cafetos.

CONTENIDO DE AGUA DEL SUELO

Los valores de W están expresados por perfil y por horizontes (0-10; 20-30 y 30-40 cm). En la gráfica 20 se observan cambios estacionales en el contenido de agua del suelo, los cuales corresponden a valores promedios mensuales por perfil y para cada tipo de estructura. En general, el contenido de agua del suelo se mantiene sin variaciones altas durante el período de un año. En el cultivo mixto, el comportamiento hídrico muestra una disminución a partir de marzo, el mínimo es registrado en abril y aumenta en mayo hasta alcanzar los niveles anteriores.

Con el objeto de comparar los cambios en el contenido de agua del suelo, y elucidar las variaciones entre los diferentes manejos del cafetal, la gráfica 22 muestra un comportamiento similar entre el cultivo al sol y el de árboles

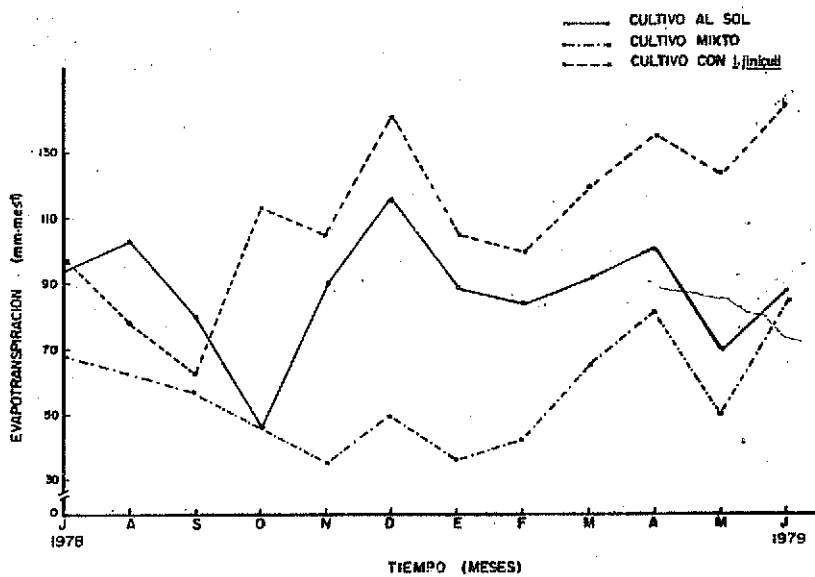


Fig. 21. Comparación de la evapotranspiración en tres tipos de estructura de cafetal. La Orduña, Coatepec, Ver.

de chalahuite. En general, en los meses de julio-agosto y marzo-abril (1978-1979) se observa una leve disminución.

En el manejo del cafetal con árboles de chalahuite, se observa un equilibrio hídrico que está ausente en los otros cultivos.

El análisis de varianza demuestra que las diferencias en la retención de agua del suelo por perfil, en los tres manejos diferentes del cafetal, son altamente significativas ya que, el valor de F calculado es de 312.6, mientras que el valor de F correspondiente a las tablas (para dos grados de libertad) es de 5.45 al 1% de significancia.

La figura 23 muestra la variación que existe entre el contenido de agua del suelo en función del tiempo (1978-1979). En la misma figura se comparan las diferencias de los cambios hídricos del suelo por horizontes y entre los tipos de estructuras del cafetal. En general, se observa una diferencia por horizontes, muy pronunciada en el cultivo al sol, con respecto a los cambios menos notables en el cultivo mixto. En estos dos cultivos se observan dos picos máximos, el primero aparece aproximadamente en octubre (1978) y el segundo en el mes de enero (1979). Otras diferencias se muestran en el cultivo al sol, donde la capa más superficial (0-10) presenta los valores más bajos en el contenido de agua del suelo, lo cual no coincide con los cambios hídricos de esta capa en los cultivos mixto y con árboles de chalahuite. En éste último cultivo, los cambios en el contenido de agua son más uniformes, en la época de lluvias (julio-octubre) prácticamente no hay diferencias, y a partir de octubre se observa una separación de las curvas, especialmente en los horizontes: 10-20, 20-30 y 30-40 cm, con excepción de la retención del agua por el suelo de 0-10 cm, la cual es similar a la curva de 10-20 cm.

DISCUSION

Los valores de precipitación corresponden al promedio de tres pluviómetros instalados en el sitio donde se realizó el trabajo, por esta razón, la precipitación está representada por una sola curva en la gráfica para las diversas estructuras; originalmente en el sitio se instalaron nueve pluviómetros. Sin embargo, se demostró que no era necesario continuar con éste número de lecturas (Koterba, 1978).

En la gráfica 20 se comparan los valores de precipitación, evapotranspiración y los cambios en el contenido de agua del suelo en los tres tipos de estructura. En general, el cultivo de cafetal con árboles de sombra de *I. c. f. Lepidoloba*, contiene propiedades hídricas, que pueden interpretarse como un equilibrio hídrico, lo cual resulta ventajoso desde el punto de vista de la retención de agua disponible para las diversas funciones del ecosistema (procesos micro biológicos, fisiología de las plantas, disponibilidad para abastecer los procesos de evapotranspiración, etc.). Lo contrario se observa en el cultivo al sol, las pérdidas de agua son más altas con respecto a las entradas (precipitación), en la época de escasez de lluvias, en relación a las ganancias y pérdidas de agua en el suelo, la fluctuación hídrica es muy marcada, y se observa una periodicidad en la retención del agua del suelo, lo cual influye en los procesos funcionales del ecosistema, por lo tanto, no podemos hablar de un equilibrio hídrico, en particular en la época de octubre a junio.

Para conocer la relación entre los componentes del balance de agua en cada manejo del cafetal, es necesario presentar los valores de interceptación, percolación, flujos laterales (entradas y salidas) y de escurrimiento.

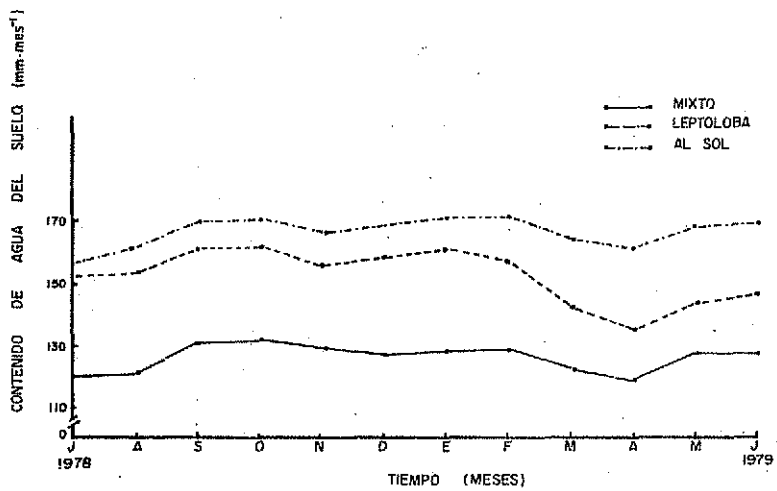


Fig. 22. Comparación del contenido de agua del suelo en tres tipos de estructura del cafetal. La Orduña, Coatepec, Ver.

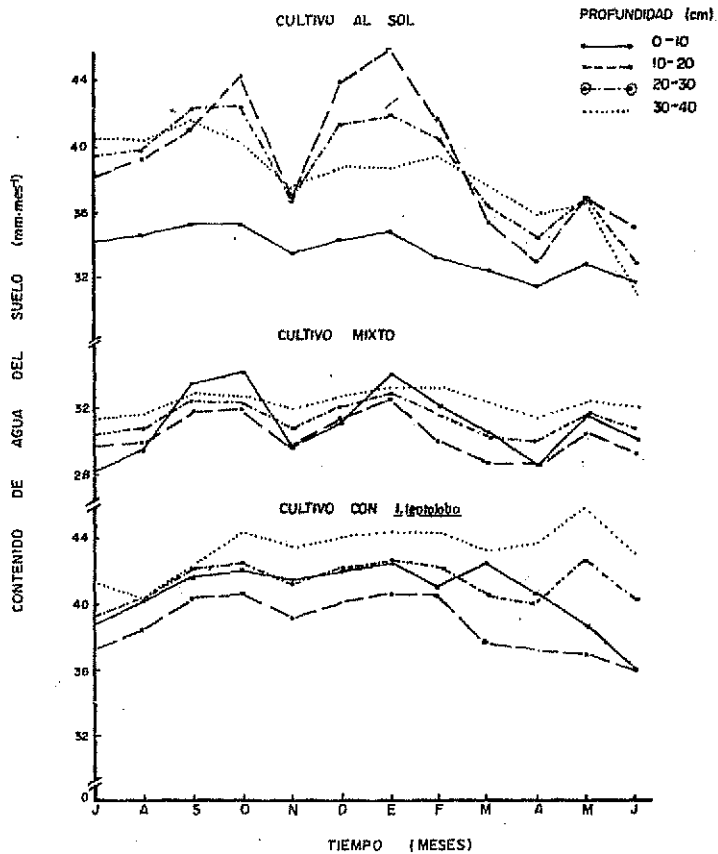


Fig. 23. Distribución del contenido de agua del suelo por capas y en diferentes manejos del cafetal, La Orduña, Coatepec, Ver.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El diagrama de flujo y el programa Fortrán para estimar el balance de agua corresponde a otro trabajo, y contiene los cálculos teóricos de los componentes del balance de agua que no se midieron directamente, por ejemplo, los flujos laterales de agua del suelo, la percolación (in situ) y el escurrimiento superficial.

En general la forma de la copa de los árboles de sombra y los requerimientos de agua para abastecer las demandas de transpiración, son los principales factores que influyen en las tasas de evapotranspiración de agua del suelo. La importancia de la sombra del cafeto ha sido una controversia, por los datos contradictorios de diferentes autores.

Los resultados obtenidos en este trabajo, están en contradicción con las evidencias de Franco e Inforzato (1975) ya que estos autores demostraron una mayor pérdida de agua en el cafetal a la sombra, en nuestro caso ocurre lo contrario. Franco e Inforzato, presentaron los siguientes valores: 593 mm/año, para el cultivo al sol y 1120 mm/año, en el cultivo con árbol de sombra *I. edulis*. En el caso de este trabajo, se calculó 1327 mm/año, al sol; 703 mm/año, para el cultivo con árbol de sombra *I. c. f. leptoloba* y 1052 mm/año, para el cultivo mixto.

En un trabajo realizado en Centroamérica, Franco, (1951) observa la influencia de la sombra en la economía del agua del cafetal; Suárez de Castro et al, (1967) reportó que la humedad del suelo fue más alta bajo sombra durante los meses secos.

III.6 DISCUSIÓN GENERAL

III.6.A: ESTRUCTURA DEL AGROECOSISTEMA

En el estudio ecológico del agroecosistema cafetale

ro, es imprescindible el conocimiento de su estructura, por su importancia en los procesos biológicos, ecológicos y en la misma producción del café en cereza. Distinguimos dos tipos de estructura: 1) el cultivo al sol, que aparentemente es el más simplificado y 2) los sistemas agroforestales. Este segundo, lo subdividimos en cafetales con árboles de sombra, y cafetales que denominamos provisionalmente como "cultivo mixto" o "huertas familiares" o sea, el cafeto se encuentra asociado con frutales (o con otras plantas útiles) y árboles de sombra.

Los resultados del estudio de la estructura del agroecosistema se resumen en los siguientes puntos: 1) existen diferencias en la composición florística y en la abundancia relativa de las especies herbáceas en los cuatro tipos de cafetal; 2) el cultivo al sol, contiene el mayor número de especies, donde dominan especies de la familia Gramineae y Compositae; 3) el sistema de cultivo con árboles de sombra, presenta pocas especies, que pertenecen principalmente a la familia Commelinaceae; 4) las especies de árboles de sombra son *Inga jinicuil* Sch. e *Inga c.f. leptoloba* Sch. y 5) la estructura arquitectónica más compleja, corresponde al cultivo mixto.

Los resultados muestran que la presencia de las especies herbáceas anuales o perennes, se encontrará íntimamente relacionada con la estructura de los diferentes cafetales estudiados. No conocemos la influencia de la sombra en la presencia o ausencia de las especies herbáceas en cada tipo de estructura, sin embargo, se ha comprobado en otros trabajos, que la sombra influye en el crecimiento y desarrollo en cultivos de trigo y maíz. Pendleton y Weibel (1965) mediante un diseño experimental, que consistió en diferentes tratamientos de porcentajes de luz (30, 60 y 90%) demost

ron en general, que la sombra reduce la biomasa total de las plantas de trigo; los tratamientos de 30, 60 y 90%, reducen el 25, 55 y 92 por ciento de su peso total, respectivamente. Early et al. (1966) comprobó los resultados anteriores, usando la metodología de Pendleton y Weibel (1965), y en éste caso, los trabajos se realizaron en cultivos de maíz en condiciones de campo. Este autor usó híbridos tolerantes a una alta densidad de siembra (Hy2 y Oh41) es decir, plantas menos sensibles a la influencia de la sombra con respecto a otro híbrido (WF9 X C103); a estos cultivos se les aplicó fertilizantes y riego para evitar la competencia por estos factores; como se esperaba, la sombra influyó drásticamente en el rendimiento por planta, el número de mazorcas y su peso, el porcentaje de proteínas, el contenido de aceites, etc. Early et al. (1967) demostraron que la reducción en la incidencia de la luz, influye en los estadios vegetativo, reproductivo y maduración de los dos híbridos de maíz. Las plantas en estado vegetativo, con el tratamiento del 60% de reducción de luz, muestran hojas normales en la primera etapa de su crecimiento sin embargo, un número limitado de granos de maíz. Posteriormente Fisher (1975) nuevamente comprueba la importancia de la radiación solar en los diferentes estadios del desarrollo y crecimiento en cultivos de trigo (*Triticum aestivum* 'Yecora 70').

Lo anterior muestra la necesidad de conocer la influencia de la sombra de los estratos del cafetal, en la presencia de las especies herbáceas. Los trabajos de Anaya Lang et al. (1980) muestran evidencias del potencial alelopático del cafetal, que pueden contribuir a la explicación de la presencia de las especies herbáceas, por lo que cualquier diseño que se elabore para conocer la influencia de la luz, debe considerar el fenómeno de alelopatía.

Estamos convencidos, por la experiencia de otros

países, del peligro de la roya del cafeto para la cafeticultura de México, donde predomina el tipo de estructura agroforestal. Ante la presencia de la roya (*Hemileia vastatrix*), será necesario modificar ésta estructura, con la consecuente influencia directa en los procesos biológicos y ecológicos de reciente investigación en México. Actualmente el bosque original (en peligro de extinción) y el ecosistema agroforestal, son las mejores opciones ecológicas en las montañas del trópico, donde se localiza gran parte de la cafeticultura en el país; sin embargo, antes de discutir la influencia de los cambios de la estructura en los procesos ecológicos, es necesario conocer las diferencias biológicas y ecológicas del bosque y de los tipos de estructura del cafetal.

III.6.B: PRODUCCION DE HOJARASCA

Los trabajos clásicos de Ebermayer's (1876) sobre la producción de hojarasca del bosque, así como su composición química, demuestran la importancia de este proceso en la circulación de los nutrimentos del mismo. Además formuló la hipótesis que señala la importancia del aporte continuo de la hojarasca en la formación de los suelos. Los estudios pioneros de Muller's (1887) confirmaron la hipótesis de Ebermayer's, durante el avance de la investigación en la fracción de humus de los suelos forestales. Con la publicación de Lutz y Chandler (1946) se inician diversas investigaciones sobre la cuantificación de la producción de hojarasca (litter en los ecosistemas forestales, que culmina con la revisión de Bray y Gorham (1964) intitulada "la producción de hojarasca en los bosques del mundo". donde se comparan el aporte de hojarasca de diferentes ecosistemas forestales.

Bray y Gorham (1964) menciona que la temperatura re

gula la producción de hojarasca en los diversos ecosistemas forestales y calculan un valor promedio de las cuatro principales zonas climáticas del mundo: alpino ártico (1.0 T/ha/año); templado frío (3.5 T/ha/año); templado cálido (5.5 T/ha/año) y ecuatorial (10.9 T/ha/año). Otros factores que determinan la producción de hojarasca son: la composición florística del ecosistema, la altitud y exposición, la fertilidad y el contenido de agua del suelo.

En las últimas dos décadas, aumentó notablemente el número de investigaciones sobre la producción de hojarasca y de la productividad primaria neta (PPN) y global (PPG) de los ecosistemas terrestres del mundo. Entre los principales autores que han hecho una revisión general, destacan Westlake (1963), Rodin y Basilevich (1967), Art y Marks (1971), Jordan (1971) y Lieth (1972a y 1972 b). En la revisión sobre la producción de los ecosistemas tropicales, se mencionan a Golley y Lieth (1972), Golley y Misra (1972) y el reporte de la UNESCO/UNEP/FAO (1978). Otros trabajos son específicos en áreas del trópico, por ejemplo, Misra (1972) en la India y Kira y Shidef (1967) en la región Oeste del Pacífico.

Lieth y Box (1972) desarrollaron un modelo que describe la distribución global de la producción primaria en base a factores climáticos. La temperatura y la precipitación se consideran como los factores primarios que regulan las tasas de producción de los ecosistemas y en segundo término las características edáficas.

Hay diversas razones que justifican el interés por la cuantificación de los procesos funcionales de los ecosistemas de diversas clases, en regiones climáticas diferentes. La producción es fundamentalmente un proceso fisiológico, que involucra la síntesis de la materia orgánica a través

de la fotosíntesis. Westlake (1963) supone que las tasas de producción de hojarasca en los ecosistemas naturales, podrían indicar las tasas que cabe esperar de sistemas agrícolas diseñados en la misma situación ecológica. Webb et al. (1971) en sus consideraciones ecológicas, mencionan que es importante conocer si la producción de un bosque natural (donde no influye el hombre en la productividad del área para la producción de madera o agrícola. El argumento consiste en señalar que la agricultura y la silvicultura en una misma situación ecológica, reciben igual cantidad de energía solar, están influenciados por los mismos factores limitantes y la producción está regulada por la precipitación y por los nutrimentos del suelo.

Otros autores consideran que las investigaciones sobre la dinámica de la materia orgánica y de los nutrimentos, son una clave en el manejo de los agroecosistemas forestales (Boyer, 1973 y Jorgensen et al. 1975)

En otros casos existe un escepticismo con respecto a la aplicación de los conocimientos de la productividad primaria de los ecosistemas originales, en la predicción de la producción agrícola y en algunos casos se llega a especular sobre el fracaso del trópico (Jansen, 1972 y 1973).

Es importante referirse al poco interés de parte de los forestales y a la falta de personal capacitado, para conocer la dinámica de los ecosistemas forestales, mientras esto no cambie los trabajos agroforestales seguirán siendo descriptivos, por ejem. la publicación del UNU/CATIE, 1979.

Como mencioné, el cafetal es un ecosistema forestal y los resultados estimados se pueden comparar con otros estudios realizados en ecosistemas forestales, de lo contrario, corremos el riesgo de comparar ecosistemas estructural

mente diferentes como sucede en algunas revisiones (Golley y Golley, 1972), donde los errores son comunes por falta de unificación de criterios en cuanto a la comparación de ecosistemas, principalmente donde las metodologías son diferentes.

III.6.C: COMPARACION DE LA HOJARASCA EN ECOSISTEMAS FORESTALES.

Es frecuente que los resultados de Bray y Gorham (1964) se mencionen como referencia para otros trabajos recientes. Sykes y Bunce (1970) consideran que el promedio de aporte de hojarasca que obtuvieron (5.1 T/ha/año) de un bosque caducifolio (mixed deciduous woodland), es muy alto comparado con el valor calculado por Bray y Gorham para la zona templada fría (3.3 T/ha/año). Lee y Correl (1978) cuantificaron la producción de hojarasca en un bosque de eucaliptos (dry sclerophyl forest), con un valor promedio de 2.3 T/ha/año, y al comparar este resultado, con el estimado por Bray y Gorham para la zona templada fría, concluyen que sus valores son bajos.

Para continuar la comparación clásica con el trabajo de Bray y Gorham (1964), la estimación de la producción del bosque caducifolio de éste trabajo fue de 8.8 T/ha/año y de acuerdo al valor estimado mediante la regresión establecida por Bray y Gorham, esperaríamos 8.0 T/ha/año (latitud 19°N). Los resultados anteriores son similares, sin embargo, al ubicar el bosque caducifolio en las cuatro zonas climáticas, surgen dificultades o sea, el valor 8.8 T/ha se localiza entre el templado cálido (5.5 T/ha) y el ecuatorial (10.9 T/ha/, posiblemente porque no es precisa la clasificación de Bray y Gorham.

Se han realizado estimaciones de producción de hoja

rasca en mas de 40 bosques tropicales (cuadro 38). Según el reporte de la UNESCO/UNEP/FAO (1978) el promedio de aporte de hojarasca (42 bosques diferentes) es de 10 T/ha/año, este dato representa el 50% del valor promedio de la productividad primaria neta (40 bosques). En base a la frecuencia de las tasas de producción en diferentes parte del mundo, se reconocen cuatro grupos de bosques tropicales: bosques muy secos, bosques secos, semi-cálidos y húmedos. Los valores más altos corresponden a los bosques del ecuador y de galería, con valores de 23 y 25 T/ha/año.

El valor promedio de producción de hojarasca en los bosques tropicales (10 T/ha/año) es mayor con respecto a las estimaciones realizadas en éste estudio, tanto en el bosque caducifolio como en los tipos de estructura del cafetal. El área donde se llevó a cabo éste trabajo, se localiza en una zona semi-cálida muy húmeda (García, 1970), donde las pérdidas de evapotranspiración anual oscilan entre 703 mm (cafetal con árboles de chalahuite) y 1 327 mm (cafetal al sol), en comparación con los valores de precipitación media anual, oscila entre 1 955 mm (Xalapa, Ver.) y 2 065 mm (Teocelo, Ver.). Lo anterior significa que existe un balance hídrico anual positivo; sin embargo, la distribución de la precipitación anual no es uniforme, por lo tanto, existen casos donde la evapotranspiración es mayor que la precipitación y este fenómeno es importante en la periodicidad del aporte de hojarasca, que repercute en la producción anual.

De los componentes de la hojarasca (hojas, ramas, flores, frutos y heces), el promedio de producción de hojas en los bosques tropicales corresponde a 5.5 T/ha/año (los valores se presentan en el cuadro 38). En el caso del bosque caducifolio, el aporte anual de hojas, corresponde a 5.9 T/ha/año. En los distintos tipos de estructura del ca-

CUADRO 34. Comparación de la producción de bojarscas.

(T = ha año) en bosques tropicales del mundo.

Tipo de vegetación	Localización	Producción de hojas	Producción total de bojarscas	Referencias
Evergreen	Banco, Ivory Coast	8.2	11.9	Huttel and Bernhart-Severest (1975)
Evergreen	Yaco, Ivory Coast	7.1	9.6	Huttel and Bernhart-Severest (1975)
Evergreen	Dokomohi, Nigeria	-	7.2	Hopkins (1966)
Moist semi-deciduous	Deo, Nigeria	-	4.6	Hopkins (1966)
Secondary moist semi-deciduous	Nigeria	-	5.6	Hudge (1965)
Secondary forest (40 years)	Kade, Ghana	6.9	10.5	Rye (1961)
Semi-deciduous	Tufo, Ghana	-	20.9	Quarsham (1963)
Mixed forest	Kangabi, Zaire	-	12.4	Lauclout and Meyer (1954)
Brachyphyll	Kangabi, Zaire	-	12.3	Lauclout and Meyer (1954)
Macrobilius	Kangabi, Zaire	-	15.3	Lauclout and Meyer (1954)
Bumupa	Kangabi, Zaire	-	14.9	Lauclout and Meyer (1954)
Dry evergreen	Lumbumbi, Zaire	4.7	9.2	Makasa et al. (1975)
Mixed forest	Lumbumbi, Zaire	3.0	4.0	Makasa et al. (1972)
Kimbani	Lumbumbi, Zaire	2.9	7.5	Makasa et al. (1975)
Riparian	Lumbumbi, Zaire	4.5	11.3	Makasa et al. (1975)
Tropical moist	Bacini, Panamá	-	11.3	Polley et al. (1975)
Plantation wet	Bacini, Panamá	-	11.6	Polley et al. (1975)
Galley	Bacini, Panamá	-	11.6	Polley et al. (1975)
Second growth	Guasi Zona, Panamá	-	6.0	Tropical Test Center (1966)
Rain forest	Guasi Zona, Panamá	-	8.5	Jenny et al. (1969)
Rain forest	Guasi Zona, Panamá	-	10.1	Jenny et al. (1969)
Amazonian upland	Colombia	5.6	11.3	Klinge and Rodrigues (1968)
Lower-reef seasonal (Mora)	Namun, Brazil	7.0	11.4	Comforth (1970)
Montane	El Verde, Puerto Rico	4.8	7.8	Majera and Zilver (1972)
Montane	Rancho Grande, Venezuela	-	8.2	Majera and Zilver (1972)
Dry forest	Catacao, Venezuela	-	7.2	Mitchell, in Bray and Gorham (1964)
Lowland dipterocarp	Malaysia	-	5.5	Mitchell, in Bray and Gorham (1964)
Lowland dipterocarp	Malaysia	-	6.3	Mitchell, in Bray and Gorham (1964)
Upland dipterocarp	Malaysia	-	8.3	Mitchell, in Bray and Gorham (1964)
Secondary forest	Malaysia	-	10.5	Mitchell, in Bray and Gorham (1964)
Secondary forest	Malaysia	-	14.4	Mitchell, in Bray and Gorham (1964)
Secondary forest	Malaysia	-	12.6	Bullock, in Bray and Gorham (1964)
Lowland dipterocarp	Paseo, Malaysia	8.3	25.3	Ogawa et al. (1961)
Evergreen gallery	Thailand	-	18.9	Ogawa et al. (1961)
Temperate evergreen	Thailand	-	7.8	Ogawa et al. (1961)
Dipterocarp savanna	Thailand	-	8.0	Ogawa et al. (1961)
Mixed savanna	Thailand	-	23.2	Mira et al. (1964)
Equatorial rain	Khao Chong, Thailand	11.9	-	Singh (1968)
Terninalia-Shorea	Chakia, India	6.2	-	Singh (1968)
Tectona	Chakia, India	5.0	-	Singh (1968)
Diospyros-Anogeisus	Chakia, India	4.2	-	Singh (1968)
Shorea-Buchanania	Chakia, India	3.1	-	Singh (1968)
Butea	Chakia, India	1.0	-	Singh (1968)
Dry deciduous	Varamasi, India	-	7.7	Misra (1972)
Montane (2 100 m)	Gandhar, India	3.9	5.5	Blasco and Tany (1975)
Teak plantation	Debra Dun, India	-	7.8	Subba Rao et al. (1972)
Teak plantation	Debra Dun, India	-	7.8	Subba Rao et al. (1972)
Sai plantation	Debra Dun, India	-	10.9	Subba Rao et al. (1972)
Bosque cuicifolio	Xalapa, Ver., México	5.9	8.89	Este estudio.
Cafetal mixto	Xalapa, Ver., México	3.6	3.28	Este estudio.
Cafetal con I. jiricuil	Cotapepec, Ver., México	4.3	4.46	Este estudio.
Cafetal con I. leptoloba	Cotapepec, Ver., México	3.8	7.47	Este estudio.

fetal, se estimó un promedio de 3.9 T/ha/año. Lo anterior muestra que el aporte de producción de hojas, del ecosistema cafetalero es menor con respecto al valor del bosque caducifolio y del promedio de los bosques tropicales; sin embargo, las hojas aportan el 66% de la hojarasca total del bosque caducifolio y el 70% (valor promedio) de producción de hojas para el agroecosistema.

Solo se han reportado dos estudios donde se compara la producción de hojarasca del mismo bosque, pero en zonas geográficas diferentes. Bernhard (1970) compara la producción de hojarasca de un bosque en un valle, con respecto al mismo tipo de bosque en una planicie y Cornforth (1970) compara la producción de un tipo de bosque en diferentes condiciones edáficas. En el caso de éste trabajo, se han comparado los valores de producción de hojarasca de un ecosistema forestal, con respecto a diferentes tipos de estructuras agroforestales, bajo las mismas condiciones edáficas y climáticas, con la excepción de que los cafetales están fertilizados y posiblemente éste proceso influyó en las estimaciones de la producción de hojarasca.

IV: LITERATURA CONSULTADA

- AGUILAR, F.O. 1980. El Cafetal: un agroecosistema importante como zona de refugio y conservación de avifauna residente y migratoria. Ponencia del I Simposio sobre "Estudios Ecológicos en el Agroecosistema Cafetalero" organizado por el INIREB (Xalapa, Ver., México) del 24 al 25 de julio.
- AGUILERA, H.N. 1963. Algunas consideraciones, características, génesis y clasificaciones de los suelos de Ando. Memorias del 1er. Congreso Nacional de Ciencias del Suelo. México: 233-240.
- AGUILERA, H.N. 1969. Geographic distribution and characteristics of Volcanic Ash Soil in México. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Centro de Enseñanza e Investigación. Turrialba, Costa Rica, 6: 3-12.
- AGUILERA, N.H. 1980. Uso del suelo en la zona de Coatepec, Ver., México. En prensa.
- AGUILERA, N.H., E.G. VALLEJO y S.H. RAMOS 1980. Edafología del cafetal. Ponencia presentada en "I Simposio sobre Estudios Ecológicos en el agroecosistema Cafetalero", organizado en el INIREB, del 24 al 25 de Julio, Xalapa, Ver., México.
- ALVIM, R. 1978. Seasonal Variatiom in the Hormone Content of Willow. II. Effect of photoperiod on growth and abscisic acid content of tree under field conditions. Plant Physiol. 62: 779-780.
- , E.W. HEWETT y P.F. SAUNDERS 1976. Seasonal variation in the Hormone Content of Willow. I. Changes in

abscisic acid content and cytokinin activity in the xylem sap. *Plant Physiol.* 57:474-476.

- ANAYA-LANG, A.L., ROY-OCOTLA y L.M. ORTIZ ORTEGA. 1980. Potencial alelopático de un cafetal. Ponencia del I Simposio sobre "Estudios Ecológicos en el Agroecosistema Cafetalero", INIREB (Xalapa, Ver.) del 24 al 25 de julio.
- ART, H.W. y P.L. MARKS 1971. A summary table of biomass and net annual primary production in forest ecosystems of the world. En: H.E. Young (ed.) *Forest Biomass studies*: 3-32 p.
- BOUYOUCOS, G.J. 1954. Electrical resistance methods as finally perfected for making continuous measurement of soil moisture content under field conditions. *Mich. Agric. Exp. Sta. Quart. Bull.* 37: 132-149.
- BOYER, J. 1973. Cycles de la matière organique et des éléments minéraux dans une cacaoyère camerunaise. *Café, Cacao y Thé* 57 (1): 3-24.
- BRAY, J.R. y E. GORHAM 1964. Litter production in forest of the world. *Adv. Ecol. Res.* 1: 103-192.
- CANNELL, M.R. 1970. Production and distribution of dry matter in trees of *Coffea arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and the presence of fruits. *Ann. Biol.* 67: 99-120.
- CELIS, O.A. 1980. Simulación de perfil de incidencia de la roya del cafeto en México. Ponencia del I Simposio sobre "Estudios Ecológicos del Agroecosistema Cafeta

lero", organizado por el INIREB (Xalapa, Ver., Méx.) del 24 al 25 de julio.

- CORDON, J.A., L. ABREGO y A.D. GUERRA 1972. La roya del café (*Hemileia vastatrix*), su presencia en Brasil y los países Africanos: Kenya y Tanzania. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Santa Tecla, El Salvador. 91 p.
- CORNFORTH, I.S. 1970. Litter fall in tropical rain forest. J. Appl. Ecol. 7:603-608.
- BERNHARD, F. 1970. Etude de la litière et de sa contribution au cycle des éléments minéraux en forêt ombrophile de Cote-d' Ivoire. Oecol. Plant. 5: 247-266.
- COSTE, R. 1969. El Café. Ed. Blume. Barcelona, España. 285 p.
- CUANALO de la CERDA, H. y PONCE HERNANDEZ, R. 1978. Agrohabitat y agroecosistemas. En: Segundo Seminario "Análisis de los Agroecosistemas de México", organizado en la UACH (Chapingo), del 16 al 20 de Julio.
- EARLY, E.B. et al. 1966. Effects of shade on maize production under field conditions. Crop. Science 6(1): 1-7
- 1967. Effects of shade applied at different stages of plant development on corn (*Zea mays* L.) production. Crop Science 7: 151-156.
- EBERMAYER, E. 1876. "Die Qesamte Lehre der Waldstreu mit Rucksicht auf die chemische Statik des Waldbaues". Julius Springer, Berling. 116 pp.
- FERRI, M.G. 1974. Information about the consequences of accelerated deforestation in Brazil. Proceedings of the

First Internationale Congress of Ecology, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen. 15 p.

- FERWERDA, F.P. 1979. Coffees. En: N.W. Simmonds (ed.). Evolution of Crop Plants. Longman, London and New York. 4p.
- FISCHER, R.A. 1975. Yield potential in a dwarf spring wheat and the effect of shading. Crop Science 15(5): 607-613.
- FRANCO, C.M. y R. INFORZATO 1950. Quantidade de água transpirada pelo cafeeiro cultivado ao sol. Bragantia, Campinas 10: 247-257.
- FRISSEL, M.J. (ed.) 1978. Cycling of mineral nutrients in agricultural ecosystems. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford. New York. 356 p.
- GARCIA, A.E. 1970. Los climas del Estado de Veracruz (según el sistema de clasificación climática de Köppen modificada por la autora). An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. Méx. 41, Ser. Botánica (1): 3-42.
- GOLLEY, F.B. y H. LIETH 1972. Bases of organic production in the tropics, p. 1-26. En: P.M. Golley y F.B. Golley (ed.) Tropical Ecology with an emphasis on organic production. Univ. Georgia, Athens.
- GRIGAL, D.F. y T. GRIZZARD, 1975. Analysis of litterfall in a deciduous forest on Walker branch watershed, Tennessee data stratification by two alternative methods. The American Midland Naturalist 94(2): 361-369.

- GUGGENHEIM, R., y J. HARR 1978. Contributions to the biology of *Hemileia vastatrix*. II. SEM. investigations on sporulation of *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., en tres regiones do estado de Sao Paulo. Summa Phytopathologica 2: 32-38.
- HARR, J. 1979. *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. Sandoz S.A. Basilea, Suiza. 28 p.
- y R.GUGGENHEIM 1978. Contributions to the biology of *Hemileia vastatrix*. I. SEM- investigations on germination and infection of *Hemileia vastatrix* on leaf surfaces of *Coffea arabica*. Phytopath. Z. 92:70-75
- HAARRER, A.E. 1965. Producción moderna de bananas. Ed. Acríbia, Zaragoza, España, 179 p.
- HERRERA, R. et al. 1978. Direct phosphorus transfer from leaf litter to roots. Naturwissenschaften 65: 208.
- HOLMES, J. W. y K.G. TURNER 1958. The measurement of water content of soils by neutron scattering. A portable apparatus for field use. J. Agric. Eng. Res. 3:199-204.
- HUERTA, S.A. 1954. La influencia de la intensidad de luz en la eficiencia asimilatoria y el crecimiento del cafeto. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Tesis de Maestría, no publicada. 63.
- IAEA 1974. Effects of agricultural production on nitrates in food and water with particular reference to isotope studies. Proceeding of a joint FAO-IAEA Conference. International Atomic Energy, Vienna.

INMECAFE 1974. Tecnología Cafetalera Mexicana, 25 años de investigación y experimentación. Campo Exp. Garnica, Xalapa, Ver. 64 p.

INTECOL. 1975. Report on an International Programme for analysis of agroecosystems. INTECOL Working Group on Agroecosystems, sponsored by the International Ass. For Ecology 14 p.

IWAKI, H. 1974. Comparative productivity of terrestrial ecosystems in Japan with emphasis on the comparison between natural and agricultural systems. Proceedings of the First International Congress of Ecology, The Hague 3 p.

JANSEN, D.H. 1973. Tropical Agroecosystems: these habitats are misunderstood by the temperature zones, mismanaged by the tropics. Science 182: 1212-1219.

JIMENEZ AVILA, E. y A. GOMEZ POMPA, 1979. Estudios ecológicos sobre agroecosistemas de México. Ponencia presentada en el Segundo Seminario "Análisis de los Agroecosistemas de México", organizado por el Colegio de Postgraduados (Chapingo, México) del 16 al 20 de Julio. 9 pp.

—, 1979. Estudios Ecológicos del Agroecosistema Cafetalero: I. Estructura de los cafetales de una finca cafetalera en Coatepec, Ver., México. BIOTICA 4 (1): 1-12.

— y P. MARTINEZ VARA, 1979. Estudios Ecológicos del Agroecosistema Cafetalero: II. Producción de materia orgánica en diferentes tipos de estructura. BIOTICA 4(3): 109-126.

- y C. CORREA PEÑA, 1980. Producción de materia orgánica en un bosque caducifolio de la zona cafetalera de Xalapa, Ver., México. BIOTICA 5. En prensa. 13 p.

- 1980. Comparación de la producción de materia orgánica de un bosque caducifolio y el cafetal. Ponencia presentada en el Primer Simposio sobre "Estudios Ecológicos en el Agroecosistema Cafetalero", organizado por el INIREB (Xalapa, Ver., México), del 24 al 25 de Julio. 12 p.

- 1980. Distribución de la biomasa aérea y radicular en el cultivo del cafetal con árboles de sombra de *I. jinicuil* Sch. Ponencia presentada en: I Simposio sobre "Estudios Ecológicos en el Agroecosistemas Cafetalero". organizado por el INIREB (Xalapa, Ver., México) del 24 al 25 de Julio. 12 p.

- y GOLBERG, 1980. Distribución de la biomasa aérea en diferentes estratos del cafetal. Trabajo presentado en: I Simposio sobre "Estudios Ecológicos en el Agroecosistema Cafetalero", organizado por el INIREB (Xalapa, Ver., México) del 24 al 25 de Julio.

- JORDAN, F.C. 1971. Productivity of a tropical rain forest and its relation to a world pattern of energy storage. J. Ecol. 59:127-142.

- y E. MEDINA, 1978. Ecosystem research in the Tropics. Ann. Miss. Bot. Garden, 64(4): 737-745.

- y N. STARK, 1978. Retención de nutrientes en la estera de raíces de un bosque pluvial amazonico. Acta Cient. Venezolana 29: 263-267.

- JORGENSEN, J.R., C.G. WELLS y L.J. METZ 1975. The nutrient cycle: Key to continuous forest production. J. Forestry 73: 400-403.
- KIMBER, C. 1966. Dooryard gardens of Martinique Assoc. of Pacific Coast Geographers. Bol. No. 28: 97-118.
- KIRA, T. and T. SHIDEI. 1967. Primary production and turnover of organic mater in different forest ecosystems of western Pacific, Japan. J. Ecol. 17:70-87.
- KOHASHI SHIBATA, J. 1979. El conocimiento de la fisiología de la planta para el estudio de agroecosistemas. En: Segundo Seminario "Análisis de los Agroecosistemas de México", organizado en la UACH (Chapingo), del 16 al 20 de Julio.
- KOTERBA, M. 1978. Evaluation of precipitation and interception data for the coffee projec. Internal Report No. 3 for INIREB, México.
- KOVDA, V.A. 1971. Biosphere and its resources. Academy of Sciences. NAUKA, MOSKOW, URSS.
- LAWANI, S.N. y M.D. ODUBANJO. 1976. Bibliographic control and documentation of research and development on plantains (*Musa paradisiaca*). Fruits 31 (11):701-702.
- LEON, J. 1966. Central american and west indian species of *Inga* [Leguminosae]. Ann. Miss. Bot. Gard. 53 (3): 265-359.
- LIETH, H. 1972a. The ner primary production of the earth with special emphasis of the land areas. En: R.H.

- Whittaker (ed.) perspectives of primary productivity of the earth. Symp. at the Amer. Inst. Biol. Sci. 2nd Nat. Congr., Miami, Fla., Oct. 1971. (in press)
- LIETH, H. 1972b. A computer model of the world vegetation (part of the Univ. North Carolina Biosphere model), p. 451-458. En: I Congreso Latinoamericano V Mexico no. de Botanica. Sociedad Botánica de México, A.C. Memorias de Symposia.
- y E. BOX 1972. Evapotranspiration and primary productivity: C.W. thornthwaite memorial model. En: J.R. (ed.) Papers on Selected topics in climatology 2: 37-46. New York, Elmer, thornrhwaite memorial volume 2.
- LOOS, C.A. 1960. Some plant parasitic nematodes, their relationship to diseases of the banana (*Musa acuminata*) and their control. Comun. 1 Reun. Inter. Banana. F.A.O.
- LUC, M. y A. VILARDEBO 1961. Les nématodes associés aux bananiers cultivés dans l'ouest africain. Fruits 16(5): 205-219.
- LUTZ, H. J. 1944. Determination of certain physical properties of forest soils: 1. Methods utilizing samples collected by metal cylinder. Soil Sci. 57: 475-487.
- y R.F. CHANDLER, Jr. 1946. "Forest Soils". John Wiley, New York. 514 pp.
- MAESTRI, M. y R. BARROS 1975. Ecophysiology of arabica coffee. En: P. de T. Alvim (ed.) International Symposium on

Ecophysiology of Tropical Crops 2: 1-36.

MARKOV, M.V. 1974. Agrobiogeocenoses, chapter 20 En: Program and Methods of Biogeocenological Investigations. N. Dylis, (ed.) Nauka, Moskoe, URSS.

MARQUEZ, W. 1977. Características ecológicas de las zonas cafetaleras. Ponencia presentada en el Primer Simposium sobre el Mejoramiento del Café en México. Campo Experimental Garnica-Veracruz.

MARTEN, G. y L.A. SANCHOLUZ 1977. Análisis estadístico de una encuesta sobre el manejo de cafetales del Golfo de México. Informe del INIREB. 40 p.

MIRANDA, F. y F. HERNANDEZ, X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Soc. Bot. México No.28.

MISRA, R. 1972. A comparative study of net primary productivity of dry deciduous forest and grassland of Varanasi, India. En: P.M. Golley y F.B. Golley (ed.) Tropical Ecology with an emphasis on organic production. Univ. Georgia, Athens.

MONTOYA, L.A., P.G. SYLVAIN y R. UMAÑA 1961. Effect of light intensity and nitrogen fertilization upon growth differentiation balance in *Coffea arabica* L. Coffee, Turrialba 3: 97-108.

MULLER, P.E. 1887. "Studien über die natürlichen Humusformen und deren Einwirkung auf vegetation und Boden". Julius Springer, Berlin. 324 pp.

- MURPHY, C.E. Jr. y K.R. KNWER 1972. Modeling ecosystems. EDFB-IBP. 72-10 ORNL. OAK Ridge, Tenn. 135 p.
- NOYOLA, A.R. y B.E.C. JIMENEZ 1980. Tratamiento biológico de los residuos líquidos del beneficio húmedo del café. Ponencia del I. Simposio en "Ecología del Agroecosistema Cafetalero" organizado por el INIREB (Xalapa, Ver., México), del 24 al 25 de Julio.
- OREN, R. 1960. Nematode control in banana plantations with B.B.C.P. in Israel Comun., 1a. Reun. Inter. Banan. F.A.D.C.C.T.A. Abidján.
- ORTEGA, R.V. 1978. Estudios de la vegetación y la flora de una corriente de lava (Malpais) al NE, del Cofre de Perote. Tesis profesional, U.V. Xalapa, Ver., México 80 p.
- PENDLETON, J.W. y R.O. WEIBEL 1965. Shading studies on winter wheat. Agr. J. 57:292-293.
- RAUNER, Y.L. 1972. Teplovi balans rastitwlnogo pokrova. Gidrometeiz dat. Leningrad, En: Report on an International programme for Analysis of Agroecosystems. 20 p.
- RIBAS, S.R. 1949. Contribuicao para o estudo da correcao da acidez do solo; com particular referencia aos solos dos estado do Paraná. Arch. Biol. 4: 1-225..
- RODIN, L.E. y N.I. BAZILEVICH 1967. Production and mineral cycling in terrestrial vegetation. Oliver and Boyd, London. 288 pp.

- y N.L. BAZILEVICH 1968. World distribution of plant biomass. En: F.E. Eckardt (ed.). Ecology and Conservation 4: 45-52.
- ROSKOSKI, J. 1980. La importancia de la fijación de nitrógeno en la economía del cafetal. Ponencia presentada en el Primer simposio sobre "Estudios Ecológicos en el Agroecosistema Cafetalero, organizado por el INIREB (Xalapa, Ver., Méx.), del 24 al 25 de Ju lio.
- RYSZKOWSKI, L. (ed.) 1974. Ecological effects of intensive agriculture. Polish Scientific Publisher. Warsaw, Polonia.
- 1975. Energy and matter economy of ecosystems. En: W.H. Van Dobben and R. Mc Connel (eds.) Unifying concepts in ecology. Amsterdam.
- SARUKHAN, J. 1977. Bases Agroecosistemáticas para una filosofía del Ecodesarrollo. Ponencia presentada en el 1er. Simposium sobre el mejoramiento del café en México. Campo Experimental Garnica- Veracruz.
- SCHUPPENER, H.J. HARR, F. SEGUEIRA y A. GONZALES 1977. First ocurrence of the coffee leaf rust *Hemileia vastatrix* in Nicaragua, 1976. and its control.
- SINGH, Y.S. y P.S. YADAVA 1974' Seasonal variation in composition, plant biomass, and primary productivity of a tropical grassland al Kurukshetra, India. Ecol. Monogr. 44: 351-376.
- SLATYER, R.O. 1967. The state of water in soils. I: Plant

water Relationships. Acad. Press. Londons and New York.

SMITH, G.D. 1960. Soil classification a comprehensive system. 7th Approximation, Washington, D.C. U.S.D.A. 265 p.

SOEMARWOTO, O. 1974. Rural ecology in development. Proceedings of the first International Congress of Ecology, The Hague. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen. 410 p.

STARK, N.M. y C.F. JORDAN, 1978. Nutrient retention by the root mat of an amazonian rain forest. Ecology, 59 (3); 434-437.

STEEL, R.G.D. y J.H. TORRIE 1960. Principles and procedure of statistics, cap. 8, págs. 132-160. Mc Grawhill Book Company, Inc, New York, USA.

STEVENS, R.L. y R.P. BRANDAO 1961. Deversification of the economy of the cacao coast of Bahia, Brazil. Econ. Geog. 37: 53-231.

STOUSE, P.A.D. 1970. Instability of tropical agriculture: the Atlantics lowlands of Costa Rica. Economic Geography 46 (1): 78-97.

SYKES, J.M. y R.G.H. BUNCE 1970. Fluctuations in litter fall in a mixed deciduous woodland over a three year period 1966-68. Oikos 21: 326-329.

TABADA, T. 1946. Utilization of nitrates by coffee plant under different sunligth intensities. J. Agr. Res. 72: 245-258.

- TANSLEY, A.G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16: 284-307.
- TAYLOR, J.A. 1974. Current problems in Brazilian coffee production. *K.N.A.G. Geografisch Tijdschrift* 8 (1): 40-46.
- TEZENAS du MONTECEL, H. 1976. Observations sur la cercosporiose du bananier au Caumeroum 1974. Evaluation des possibilités d'avertissement. *Fruits* 31 (7-8): 437-458.
- UKERS, W.H. 1948. The romance of coffee and tea trade f. (New York). Citado en: N.W. Simmonds (ed.) 1979. *Evolution of Crop Plant*. Longman, London and New York.
- UNESCO/UNEP/FAO 1978. Gross and net primary production and growth parameters, p. 233-248. En: Report UNESCO/UNEP/FAO.
- UNU/CATIE 1979. Taller: Sistemas Agroforestales en América Latina. Turrialba. Costa Rica. 226 pp.
- VALDES, M.S., A.D. MACHADO y H.A. URIBE 1960. Diversificación de la agricultura. Ponencia presentada en la Primera Reunión Interamericana de Café Bogota, Colombia. 5p.
- VARSHENY, C.K. 1972. Productivity of kalhi grasslands. En: F.B. Golley (ed.). *Tropical Ecology with an emphasis on Organic Production* 27-42. Univ. Georgia, Athens.
- VELZQUEZ, L.C. 1978. Estimación de los componentes del balance de agua en el ecosistema cafetal. Tesis profesional.

U.V., Xalapa, Ver., México. 43 p.

VILARDEBO, A. 1959. Note sur la lutte contre les nematodes bananier. *Fruits* 14(3): 125-126.

WALLIS, J.A.N. 1970. Coffee leaf rust in Brasil. A report to the International Coffee Organization, London (mimeographed).

WEBB et al. 1971. Prediction of agricultural potential from intact forest vegetation. *J. Appl. Ecol.* 8: 99-121.

WESTLAKE, D.F. 1963. Comparisons of plant productivity. *Biol. Rev.* 38: 385-425.

ZALAZAR MORENO, M.A. 1970. Distribución de *Radopholus similis* (cobbthorne) en el Estado de Chiapas, causante de la pudrición de raíces y rizomas en plátano. *Musa* sp. Tesis E.N.A., Chapingo. Méx. 47 p.

ZOLA, M.G.B. 1980. Estudio de la vegetación de los alrededores de Xalapa, Ver., Tesis profesional. U.V., Xalapa, Ver., México. 110 p.