

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COMPORTAMIENTO DE *Terminalia ivorensis* A. Chev. ASOCIADA CON
CULTIVOS ANUALES Y PERENNES EN SU SEGUNDO AÑO DE
CRECIMIENTO

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto
de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la
Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiarum

LUIS ALBERTO CASTAÑEDA AMAYA

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Programa de Recursos Naturales Renovables
Turrialba, Costa Rica

1981

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre, Juan José y de mi hermano, José Daniel
A mi madre Marta Rosario,
A mis hermanos

A Franci, mi esposa con
cariño, por su estímulo
y comprensión

A mi hija, Ligia Margarita

AGRADECIMIENTOS

Deseo dejar constancia de mi agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Al Ing. Pablo Rosero, Consejero Principal, y a los Doctores Gustavo Enriquez y Gonzalo De Las Salas, por su acertada dirección en la conducción del presente trabajo.

A los Ings. Heleodoro Miranda y Roberto Díaz Romeu por su valiosa ayuda en el transcurso de la investigación.

Al Doctor Gerardo Budowski, por su significativo aporte en mi formación académica.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala y a la IBM, por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios.

A mi esposa Franci, por su gentileza, eficiencia y prontitud en el mecanografiado del presente trabajo.

A mis compañeros de estudio por la amistad y colaboración que me brindaron durante mi permanencia en el CATIE.

El Autor.

BIOGRAFÍA

El autor nació en Zacapa, Guatemala, en julio de 1952. Realizó sus estudios primarios, secundarios y Universitarios en la Ciudad de Guatemala; obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en el año 1976 en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos.

Prestó sus servicios profesionales al Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP) y al Programa conjunto México-Guatemala para la prevención y Control de la Mosca del Mediterraneo.

Actualmente, forma parte del personal docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ingresó al Programa de Recursos Naturales Renovables del Sistema de Estudios de Posgrado del Programa conjunto con la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en marzo de 1979; obtuvo el título de Magister Scientiae en febrero de 1981.

CONTENIDO

	<u>Página No</u>
RESUMEN	ix
SUMMARY	xii
LISTA DE CUADROS	xv
LISTA DE FIGURAS	xx
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Agrosilvicultura	3
2.2 Asociación de árboles con cultivos anuales	4
2.2.1 Sistema Taungya	4
2.2.2 Asociación de árboles con cultivos anuales en forma permanente	6
2.3 Asociación de árboles maderables con cultivos perennes .	6
2.4 Características de los componentes de los Sistemas Agroforestales	8
2.5 Descripción de Terminalia ivorensis A. Chev.....	9
2.5.1 Taxonomía y características morfológicas	9
2.5.2 Características de la madera	10
2.5.3 Distribución natural y requerimientos ecológicos	11
2.5.4 Características silvícolas	12
2.5.5 Comportamiento en plantaciones y parcelas experimentales	13
2.5.5.1 Crecimiento en altura y DAP	13
2.5.5.2 Incremento volumétrico	14
2.5.6 plagas y enfermedades	18
3. MATERIALES Y METODOS	20
3.1 Localización y descripción del área experimental	20
3.2 Clima	22

	<u>Página No.</u>
3.3 Antecedentes del área experimental	22
3.4 Diseño experimental	25
3.5 Elección de cultivos, densidades de siembra y arreglos espaciales	26
3.6 período experimental	29
3.7 Manejo del material experimental	29
3.7.1 Especie forestal	29
3.7.2 Cultivos perennes	33
3.7.3 Cultivos anuales	34
3.8 Variables medidas	35
3.8.1 En la especie forestal	35
3.8.1.1 Diámetro y altura	35
3.8.1.2 Area basal	35
3.8.1.3 Diámetro de copa	36
3.8.1.4 Distribución de raíces	36
3.8.1.5 Contenido de nutrimentos en el follaje ...	37
3.8.2 En los cultivos perennes	37
3.8.3 En los cultivos anuales	39
3.8.3.1 Producción comercial	39
3.8.3.2 Producción de biomasa aérea	39
3.8.3.3 Biomasa de malezas	40
3.8.4 Radiación	40
3.8.5 Costos de mantenimiento de la plantación	40
3.9 Análisis de la información	41
4. RESULTADOS	43
4.1 Especie forestal	43
4.1.1 Crecimiento en altura	43

4.1.2	Crecimiento en DAP	45
4.1.3	Crecimiento en diámetro de copa	49
4.1.4	Crecimiento del área basal	53
4.1.5	Resultados del análisis foliar	56
4.1.6	Distribución radical	59
4.1.7	Algunas observaciones realizadas en la plantación durante el período experimental	61
4.2	Cultivos perennes	65
4.2.1	Crecimiento en altura	65
4.2.2	Crecimiento en diámetro basal	65
4.3	Cultivos anuales asociados con <u>T. ivorensis</u>	68
4.3.1	Aspectos generales	68
4.3.2	producción comercial y producción de biomasa	71
4.2	Biomasa de malezas	73
4.5	Radiación	75
4.6	Costos de mantenimiento	75
5.	DISCUSIÓN	79
5.1	Comportamiento de la especie forestal	79
5.1.1	Crecimiento	79
5.1.2	Análisis foliar	83
5.1.3	Distribución radical	86
5.2	Crecimiento de los cultivos perennes	87
5.3	Rendimiento de los cultivos anuales	89
5.4	Competencia por malezas	90
5.5	Consideraciones económicas	91
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
7.	BIBLIOGRAFIA CITADA	94
8.	APENDICE	101

RESUMEN

"Comportamiento de Terminalia ivorensis A. Chev. asociada con Cultivos Anuales y Perennes en su Segundo Año de Crecimiento".

Terminalia ivorensis A. Chev. es una especie maderable utilizada en programas de reforestación en varios países de Africa Occidental. En 1978, se estableció en el CATIE una plantación de esta especie, para observar su comportamiento asociada con cultivos anuales durante el primer año de crecimiento; las ventajas económicas y silvícolas observadas en este período con la asociación mencionada, motivaron el presente estudio para observar el comportamiento de dicha especie, asociada con cultivos anuales y perennes durante el segundo año de crecimiento.

Los objetivos del estudio fueron los siguientes: a) comparar el comportamiento de T. ivorensis plantada sola y en tres asociaciones con cultivos perennes: café, (Coffea arábica), cacao (Theobroma cacao) y naranja (Citrus sinensis); en combinación con frijol (Phaseolus vulgaris) seguido de vainita (Phaseolus vulgaris var. 'Harvester') y mungo (Vigna radiata) seguido de caupí (Vigna unguiculata). b) medir el crecimiento de los cultivos perennes y cuantificar el rendimiento de los cultivos anuales que participaron en las asociaciones c) analizar los costos de mantenimiento de la plantación forestal sola y asociada con cultivos.

Se utilizó un diseño de Bloques al Azar con arreglo de parcelas divididas. Las parcelas principales (Factor A) fueron las siguientes: T. ivorensis asociada con café, T. ivorensis asociada con cacao y T. ivorensis asociada con naranja.

Las tres parcelas principales que incluyeron cultivos perennes se dividieron en dos subparcelas (factor b) constituidas por las asociaciones de frijol seguido de vainita y mungo seguido de caupí. El ensayo se realizó en una plantación de T. ivorensis de 15 meses de edad, cuya densidad inicial era de 1,111 árboles/ha y que a los

7 meses de iniciado el experimento, se redujo a 694 árboles/ha. Además, se establecieron parcelas comparativas de los cultivos perennes plantados sin asociación forestal. El período experimental fué de 1 año.

Se midió el crecimiento de la especie forestal en función del diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro de copa, altura y área basal; se describió el sistema radical de dos árboles de 2 años de edad y se analizó el contenido de nutrimentos en el follaje de los árboles. También se midió el incremento en altura y diámetro basal de los cultivos perennes y se estimó el rendimiento de biomasa y producción comercial de los cultivos anuales.

El mejor crecimiento de la especie forestal durante el año se registró en las plantaciones asociadas con cultivos agrícolas. El incremento promedio de altura, DAP, diámetro de copa y área basal de las parcelas asociadas fué de 5,10 m. 7,39 cm, 2,88 m. y 6,14 m²/ha. respectivamente; los incrementos registrados en la plantación sin asociación con cultivos fueron de 2,46 m. en altura, 3,30 cm. de DAP, 1,6 m. de diámetro de copa y 2,05 m²/ha. de área basal.

El contenido foliar de nitrógeno (N), de potasio (K) y de azufre (S) fué mayor en las plantaciones asociadas con cultivos, registrándose en promedio 2,88% de N, 1,79% de K y 0,13% de S; en contraste, la plantación sin la asociación agrícola registró: 1,63% de N, 1,18% de K y 0,08 de S. El contenido de fósforo foliar en las parcelas con asociación agrícola fué de 0,26% contra 0,33% de la plantación sola.

Las observaciones del sistema radical de T. ivorensis de 2 años de edad mostraron que este es extenso y superficial; la distancia lateral máxima de las raíces fué de 3,1 m; en los dos árboles estudiados el 72% y 78% de todas las raíces se localizaron entre 0 y 40 cm. de profundidad.

El crecimiento de los cultivos perennes asociados con T. ivo-
rensis fué bajo comparado con el crecimiento sin asociación fores-
tal. Los cultivos anuales que mejor se adaptaron a las condicio-
nes de la asociación fueron el frijol, la vainita y el caupí. Los
mejores resultados económicos se obtuvieron cuando se asoció T. ivo-
rensis con frijol seguido de vainita; con esta asociación fué posi-
ble cubrir los costos de mantenimiento de la plantación (₡1,082/ha)
y obtener ganancias netas de hasta ₡2,315/ha.

SUMMARY

"Performance of Terminalia ivorensis A. Chev. when associated with annual and perennial crops in its second year of development".

Terminalia ivorensis A. Chev. is a timber species utilized in reforestation programmes in various West African countries. In 1978 a plantation of this species was established at CATE in order to observe its behaviour when associated with annual crops in its first year of development; the economic and silvicultural advantages in the above mentioned association during this period prompted the present study of the behaviour of this species during its second year of development when associated with annual and perennial crops.

The objectives of the study were the following: a) to compare the behaviour of T. ivorensis planted alone and in three associations with perennial crops i.e. café (Coffea arabica), cacao (Theobroma cacao) y orange (Citrus sinensis) in successive combinations with beans (Phaseolus vulgaris) followed by green bean (P. vulgaris var. 'Harvester') and mungbean (Vigna radiata) followed by cowpea (V. unguiculata) b) To measure the growth of the perennial crops and quantity the yield of the annual crops that were involved in the associations. c) To analyze the maintenance costs of the forest plantation as a monoculture and when associated with crops.

A split plot design was utilized. The principal plots ("Factor A") were the following: T. ivorensis planted alone, T. ivorensis associated with coffee, T. ivorensis associated with cacao and T. ivorensis associated with oranges. The three principal plots that included perennial crops were divided into two sub-plots ("Factor B") which were either underplanted with beans followed by green bean and by mungbean followed by cowpea. The experiment was carried out in a 15 month old plantation of T. ivorensis whose initial density was 1,111 trees/ha, but which was thinned to 694 trees/ha six months after this experiment was initiated. Comparative plots of the

perennial crops planted without the forestry component were also established. The duration of the trial reported here was 1 year.

The growth of the tree species was assessed by measurements of the diameters at breast height (d.b.h.), crown diameters, heights and basal areas; the root system of two trees (age 2 years) was described and tree foliage nutrient contents were determined. Height and basal diameter increments of the perennial crops were also measured. The biomass productivity and commercial production of the annual crops was estimated.

The best growth registered during this year was found in the T. ivorensis associated with the agricultural crops. The average timber tree height, d.b.h., crown diameter and basal area increments in the agroforestry plots were 5.1 m., 7.39 cm., 2.88 m. and 6.14 m²/ha respectively. The corresponding increments in the unassociated plantation were 2.46 m., 3.3 cm., 1.6 m. and 2.05 m²/ha.

The nutrient content of the T. ivorensis foliage for nitrogen (N), potassium (K) and sulfur (S) was greater in the associated plantations (2.88%, 1.79% and 0.13% respectively) than in unassociated plantations (1.53%, 1.18% and 0.08% respectively). Conversely the foliar phosphorus content for associated trees was 0.26 compared to a 33% for the unassociated plantation.

Observations of the root systems of 2 trees (age 2 years) indicated that it is extensive and superficial. The maximum lateral distance of the roots was 3.1 m. In the two examples studied 72% and 78% of all roots were found between 0 and 40 cm. depth in the soil.

The growth of associated perennial crops was low when compared with the unassociated examples. Annual crops best adapted to the conditions in the agro-forestry combinations were beans, green bean and cowpea. The best economic results were obtained when T. ivorensis

was associated with beans followed by green beans. In this combination it was possible to cover plantation maintenance costs (₱1082/ha) and to obtain a net yield of up to ₱2315/ha.

LISTA DE CUADROS

<u>En el texto</u>	<u>página No.</u>
Cuadro No	
1 <u>Terminalia ivorensis</u> . Datos del crecimiento inicial en parcelas de ensayo en Sabah	15
2 <u>Terminalia ivorensis</u> . Datos de crecimiento en altura y DAP en algunos lugares donde ha sido introducida	16
3 <u>Terminalia ivorensis</u> . Datos de incremento en volumen en distintas plantaciones en Nigeria	17
4 <u>Terminalia ivorensis</u> . plagas de insectos y enfermedades observadas en algunos países	19
5 Lista de tratamientos	27
6 Métodos de análisis químico del follaje	38
7 <u>Terminalia ivorensis</u> . Incrementos promedio de altura (m) registrados durante el período experimental y comparación de medias basada en la Diferencia Mínima Significativa (DMS)	44
8 <u>Terminalia ivorensis</u> . Crecimiento promedio acumulado de altura (m) por parcela, de todos los tratamientos	46
9 <u>Terminalia ivorensis</u> . Incrementos promedio en DAP (cm) registrados durante el período experimental y comparación de medias basada en la Diferencia Mínima Significativa (DMS).....	48
10 <u>Terminalia ivorensis</u> . Crecimiento promedio acumulado de DAP (cm) de todos los tratamientos	50
11 <u>Terminalia ivorensis</u> . Incrementos promedio en diámetro de copa (m) registrados durante el período experimental y comparación de medias basada en la Diferencia Mínima Significativa (DMS)	52
12 <u>Terminalia ivorensis</u> . Crecimiento promedio acumulado de diámetro de copa (m)	54

13	<u>Terminalia ivorensis</u> . Incrementos promedio de área basal (m^2/ha) registrados durante el período experimental y comparación de medias basada en la Diferencia Mínima Significativa (DMS)	55
14	<u>Terminalia ivorensis</u> . Crecimiento del área basal (m^2/ha) durante el período del ensayo, en los días distintos tratamientos	57
15	<u>Terminalia ivorensis</u> . Promedios del contenido de nutrimentos en el follaje, expresados en porcentaje	58
16	<u>Terminalia ivorensis</u> . Tamaño promedio (cm) de las hojas de 28 días de edad	62
17	Incremento en altura de los cultivos perennes asociados con <u>T. ivorensis</u> 1980	66
18	Incremento de altura de los cultivos perennes en las parcelas sin <u>T. ivorensis</u> 1980	67
19	Incremento de diámetro basal (mm) de los cultivos perennes asociados con <u>T. ivorensis</u> 1980	69
20	Incremento en diámetro basal (mm) de los cultivos perennes en las parcelas sin <u>T. ivorensis</u>	69
21	Producción comercial y biomasa aérea de los cultivos anuales asociados con <u>T. ivorensis</u> en dos períodos de cosecha. 1979-1980	72
22	Promedio de biomasa aérea de malezas expresada en kg/ha de materia seca en la plantación de <u>T. ivorensis</u> para los distintos tratamientos	74
23	Radiación promedio registrada en las parcelas de <u>Terminalia ivorensis</u> comparada con la radiación a pleno sol. 1980.	76
24	Resumen de ingresos y egresos en colones en los diferentes tratamientos, referidos a una hectárea de plantación forestal de <u>T. ivorensis</u> entre sep. 79 y sep. 80	77

Cuadro: No

Página No

25	<u>Terminalia ivorensis</u> . Incremento medio anual en altura y DAP obtenido en parcelas de 2 a 3 años de edad	84
26	<u>Terminalia ivorensis</u> . Coeficientes de correlación simple entre el porcentaje de algunos nutrimentos en las hojas y el crecimiento de los árboles (n=20)	85
27	Crecimiento relativo, en por ciento, del café, cacao y naranja asociados con <u>T. ivorensis</u> con respecto al crecimiento de los tres cultivos en las parcelas sin asociación forestal	88

En el apéndice

A1	Resultados del análisis de suelos del área experimental	102
A2	Condiciones climáticas registradas durante el período de investigación (septiembre 79-septiembre 80) comparadas con las condiciones climáticas normales	103
A3	<u>Terminalia ivorensis</u> . Análisis de varianza para altura, DAP, diámetro de copa y área basal	104
A4	<u>Terminalia ivorensis</u> . Crecimiento promedio acumulado de altura por subparcela, en metros, incluyendo únicamente los tratamientos con asociación agrícola	105
A5	<u>Terminalia ivorensis</u> . Crecimiento promedio acumulado de DAP por subparcela, en centímetros, incluyendo únicamente los tratamientos con asociación agrícola	106
A6	<u>Terminalia ivorensis</u> . Crecimiento promedio acumulado de diámetro de copa por subparcela, en metros incluyendo únicamente los tratamientos con asociación agrícola	107

A7	<u>Terminalia ivorensis</u> . Análisis de varianza para el contenido foliar de nitrógeno, fósforo, calcio, potasio, magnesio y azufre	108
A8	<u>Terminalia ivorensis</u> . Distribución radical. Conteo de raíces en 2 árboles en 2 años de edad.	109
A9	Análisis de varianza para el incremento en altura y diámetro basal de los cultivos perennes asociados con <u>Terminalia ivorensis</u>	110
A10	Análisis de varianza para el rendimiento de biomasa aérea y producción comercial de los cultivos anuales asociados con <u>Terminalia ivorensis</u>	111
A11	Análisis de varianza para la producción de biomasa aérea de malezas	112
A12	Lecturas diarias de radiación solar registradas en las parcelas de <u>T. 2 ivorensis</u> y fuera de la plantación, en cal/cm ² /día	113
A13	Tiempo empleado en las labores de mantenimiento de la plantación de <u>Terminalia ivorensis</u> , sola y asociada con cultivos agrícolas, expresado en horas/hombre por ha. y su respectivo valor calculado en colones	114
A14	Cantidad y valor comercial de los insumos utilizados, por hectárea, para los siete tratamientos, en colones	115
A15	Rendimiento e ingresos brutos por ha. percibidos por la venta de productos agrícolas, en los diferentes tratamientos, en colones	116
A16	Productos del raleo obtenido en las parcelas de <u>T. ivorensis</u> asociadas con cultivos agrícolas ..	116

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No</u>		<u>Página No</u>
1	Localización del área experimental	21
2	Precipitación y temperatura registradas durante el período experimental, comparadas con los promedios normales	23
3	<u>Terminalia ivorensis</u> . Distribución de los tratamientos aplicados en la fase de establecimiento de la plantación experimental, de junio	24
4	Distribución de los tratamientos en el campo...	28
5	Arreglo espacial de las diferentes especies del experimento. Vista de perfil	30
6	Arreglo espacial de los tratamientos. Vista de planta	32
7	Arreglo cronológico de los cultivos	32
8	<u>Terminalia ivorensis</u> . Curvas de regresión entre altura promedio y tiempo, para los distintos tratamientos del experimento	47
9	<u>Terminalia ivorensis</u> . Curvas de regresión entre DAP promedio y tiempo para los distintos tratamientos del experimento	51
10	<u>Terminalia ivorensis</u> . Distribución radical. Frecuencias distribuidas según su diámetro y profundidad... 1980	60
11	<u>Terminalia ivorensis</u> . Secciones transversal y longitudinal del tronco mostrando el daño del insecto barrenador	64
12	Crecimiento relativo de <u>T. ivorensis</u> asociada con cultivos, respecto a la plantación sin asociación agrícola	80

1. INTRODUCCION

El uso adecuado de los suelos debe ser entendido en términos de máxima productividad en forma sostenida. En muchos casos este uso de la tierra es incompatible con el interés del agricultor de producir alimentos para su subsistencia o cultivos que le produzcan ingresos a corto plazo. El desarrollo de técnicas de manejo de tierras que impliquen la asociación de especies forestales con cultivos (agrosilvicultura) posibilitaría un equilibrio entre las necesidades económicas y/o alimenticias y la necesidad de la conservación de los recursos naturales renovables.

Una de las técnicas agrosilvícolas más utilizadas en el mundo es el "Sistema Taungya" que consiste en el establecimiento de especies forestales combinadas durante los primeros años con cultivos alimenticios, generalmente anuales. A base de técnicas ya practicadas desde siglos en regiones templadas, el sistema fué desarrollado desde el año 1868 en Birmania y sucesivamente aplicado en Asia, Africa y también en ciertas partes de América tropical.

En el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) desde 1963, se han realizado varios ensayos probando diferentes especies forestales combinadas con cultivos agrícolas durante el primer año de establecimiento de la plantación forestal. El último de estos ensayos fué realizado en el año 1978 con Terminalia ivorensis A. Chev. En este estudio se comparó el comportamiento de dicha especie en su fase de establecimiento, plantada sola y asociada con cultivos anuales. Se observaron ventajas económicas y silvículturales de la plantación forestal asociada con cultivos, en comparación con la plantación sin asociación agrícola.

La especie Terminalia ivorensis posee características tales como: crecimiento rápido, autopoda, copa poco densa, fustes rectos carentes de gambas y madera apreciada en el mercado. Dichas carac-

terísticas, unidas a su buen comportamiento cuando se le asocia con cultivos en su fase de establecimiento, hacen factible su asociación a largo plazo con cultivos anuales y perennes.

Tomando en cuenta las consideraciones expuestas, se realizó este trabajo experimental, con los siguientes objetivos:

- a) comparar el comportamiento de Terminalia ivorensis A. Chev, en su segundo año de crecimiento, plantada sola y en tres asociaciones con cultivos perennes: café (Coffea arabica), cacao (Theobroma cacao) y naranja (Citrus sinensis); en combinación con frijol (Phaseolus vulgaris) en rotación con vainita (Phaseolus vulgaris var. 'Harvester') y mungo (Vigna radiata) en rotación con caupí (Vigna unguiculata).
- b) comparar las características de crecimiento de los cultivos perennes solos y asociados con Terminalia ivorensis.
- c) comparar el efecto de los cultivos anuales sobre la especie forestal y sobre los cultivos perennes.
- d) cuantificar el rendimiento de los cultivos anuales que participan en las asociaciones.
- e) analizar los costos de mantenimiento de la plantación forestal sola, comparada con los tratamientos con asociación agrícola.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Agrosilvicultura.

La agrosilvicultura consiste en el uso de la tierra donde se combina la producción forestal con cultivos agrícolas y/o animales, en forma simultánea o secuencial, en la misma unidad de terreno, bajo el principio del rendimiento sostenido (14,15,16).

En el trópico es necesaria la búsqueda de técnicas que integren sobre una misma superficie diferentes modalidades de producción, por las siguientes razones:

- Tales técnicas permiten una combinación de especies de exigencias distintas, aumentando así la cantidad de energía solar utilizada en la producción de biomasa con valor comercial, debido a la estratificación vertical de las plantas que intervienen en las asociaciones (16).
- La estratificación vertical simula, hasta cierto punto, la fisonomía de las asociaciones naturales de plantas, lo que permite una mejor conservación del suelo (30,34). Si las raíces de las especies asociadas ocupan distintos horizontes del suelo, puede lograrse el recirculamiento de una mayor proporción de materias nutritivas (3,15).
- La producción de alimentos y el suministro de madera en lugares accesibles, son necesidades crecientes en los trópicos (15,18). Los sistemas agroforestales están encaminados a la satisfacción de ambas necesidades. Mediante las técnicas agroforestales es posible una conciliación entre los intereses de los agricultores, generalmente de corto plazo, y los intereses de países o regiones, generalmente de largo plazo (73).

Según Combe (14) las técnicas agroforestales pueden ser aplicadas con éxito, cuando por lo menos una de las siguientes condiciones ca-

racteriza el uso de la tierra en una región;

- a) en su formación climax, las asociaciones vegetales tienden hacia una estructura arbórea con una eficiente ocupación del espacio
- * b) el rendimiento de los cultivos no está asegurado a largo plazo porque ocurre una degradación del suelo;
- c) buena parte de la población practica un sistema de agricultura de subsistencia;
- d) los esfuerzos dedicados al aumento de la producción alimenticia por medio de la intensificación de la agricultura podrían, a mediano plazo, resultar vanos frente a una acentuación de la escasez de combustible.

La investigación sobre sistemas agroforestales persigue, principalmente, la aplicación de una silvicultura muy particular: la de las plantaciones desarrolladas sobre terrenos destinados a una utilización agrícola.

Tres combinaciones son posibles en sistemas agroforestales: árboles con cultivos, árboles con cultivos y ganadería y árboles con ganadería. Aunque existen numerosos casos de la utilización de estas combinaciones en el trópico, la investigación sobre ellas es reciente y escasa en comparación con la investigación sobre monocultivos.

2.2 Asociación de Árboles con Cultivos Anuales.

2.2.1 Sistema Taungya.

Esta técnica de producción silvo-agrícola consiste en asociar cultivos anuales durante la etapa de establecimiento de la plantación forestal, generalmente uno ó dos años.

El "Sistema Taungya" ha sido extensamente utilizado en varios países de Africa, en trabajos de reforestación de varios millones de hectáreas (78,40,60); en Latinoamérica se ha practicado en Antillas Francesas, Belice, Trinidad, Honduras (15,14), México (78) y Surinam (76).

Una de las principales ventajas observadas en este sistema es la reducción de los costos de plantación, en comparación con plantaciones establecidas sin asociación con cultivos. Osená (58) y Olayoye (59) citan que mediante el Sistema Taungya se redujo en 50% el costo de las plantaciones en Nigeria. Similares resultados reporta Vega (76) en Surinam. En plantaciones experimentales en Turrialba, Costa Rica, se obtuvieron resultados ventajosos al asociar distintas especies forestales con cultivos agrícolas, durante el primer año de establecimiento de las plantaciones.

Muñoz (50), trabajando con Cordia alliodora y Aguirre (2), trabajando con Eucalyptus deglupta, registraron una disminución en los costos de plantación de 80% y 60% respectivamente, en relación con plantaciones sin asociación agrícola, cuando las plantaciones estuvieron asociadas con maíz. Fernández (20) reporta que se obtuvieron ganancias netas al asociar, durante un año, Gmelina arborea con frijol (Phaseolus vulgaris), Magne (46) cita que trabajando con Terminalia ivorensis asociado con maíz seguido de frijol, se redujeron los costos de plantación en 74%.

Los resultados de los trabajos de Muñoz (50), Aguirre (2) y Fernández (13) no mostraron efectos negativos de los cultivos sobre las especies forestales con las que estuvieron asociados. Magne (46) cita que el crecimiento en altura y diámetro basal de Terminalia ivorensis asociado con maíz y frijol fué significativamente superior al crecimiento de la misma especie plantada sin asociación agrícola.

Lamb (40) cita que, en Nigeria, además de reducir los costos de plantación, el cultivo de especies alimenticias asociadas con Terminalia ivorensis estimuló notablemente el crecimiento inicial de los arbolitos.

2.2.2 Asociación de árboles con cultivos anuales en forma permanente.

Las asociaciones de árboles con cultivos anuales que se prolongan por un período mayor que la etapa de establecimiento de la plantación forestal, han sido menos estudiadas que el Sistema Taungya. En Centroamérica, uno de los casos más notables es la asociación permanente de maíz y trigo con pinus spp. practicada en el altiplano de Guatemala por pequeños agricultores (81). Parece ser que tal asociación es factible gracias a las continuas podas a los pinos y a las bajas densidades de los rodales.

2.3 Asociación de Árboles Maderables con Cultivos perennes.

Los casos de utilización de esta práctica están referidos, principalmente, a árboles en cafetales y cacaotales. Según Holdridge (31) los árboles de valor que participan en estas asociaciones, generalmente provienen de la regeneración natural protegida por los finqueros; este es el caso de Cordia alliodora, Cedrela odorata y Juglans spp. asociados con cafetales y cacaotales en Centroamérica, Colombia y Ecuador. En forma similar en Trinidad puede observarse Cordia alliodora, Cedrela odorata y Swietenia macrophylla asociados con cacao (15). Sin embargo, Holdridge (31) también cita que en México son plantados como sombra de cacao árboles de la especie Cybis-tax donell-smithii. En Zaire y Gabón son plantados Terminalia ivorensis, Terminalia superba y Triplochiton scleroxylon en asociación con Musa paradisiaca; así como también Terminalia superba en asocia-

ción con cacao (60). En estas asociaciones el componente arbóreo, además de desempeñar una función propia como árbol de sombra, puede constituir una fuente de ingresos importantes para la finca.

La investigación relativa al manejo y aporte a la producción del componente forestal, así como sus interacciones con los cultivos, ha sido iniciada en años recientes y solo se conocen resultados parciales. Los resultados de algunas mediciones muestran que el crecimiento del componente forestal se ve favorecido por los suelos y por las prácticas de cultivo aplicadas al componente agrícola. Fournier (23) cuantificó el crecimiento de árboles de Jaúl, Alnus jorulensis, plantados en los callejones de un cafetal en Costa Rica. A los cinco años de edad los árboles midieron 21 cm. de D.A.P.* y se estima que tales rendimientos son susceptibles de ser mejorados mediante selección del material plantado.

Ford (22) hizo una estimación del rendimiento de Cedrela odorata cultivado en asociación con café; concluyó que tal asociación es un método adecuado de diversificar la producción y, posiblemente, de mejorar el rendimiento total de las plantaciones en la región estudiada. Además indica que, a pesar del ataque del insecto Hypsiphyla grandella los árboles muestran un crecimiento rápido y buena forma, alcanzando un valor comercial entre los 15 y 20 años.

Rosero y Gewald (64) encontraron incrementos anuales de 14,8 m³/ha y 20,8 m³/ha en rodales de laurel, Cordia alliodora, asociados con cacao, en dos sitios de la zona atlántica de Costa Rica. Los autores indican que el manejo que se aplica al componente forestal en dichos rodales consiste únicamente en la explotación de árboles

* Diámetro 1,3 m. de altura.

de dimensiones comerciales (45 cm. de D.R.P.) y suponen que las buenas condiciones del suelo permiten el notable desarrollo de los laureles en rodales de hasta 167 árboles/ha. ←

Respecto a combinaciones y arreglos espaciales de los componentes de los sistemas agroforestales, algunos modelos teóricos han sido sugeridos por varios autores, pero estos no han sido probados experimentalmente. Fuentes (25) basado en un estudio sobre diferentes agroecosistemas con café en zonas montañosas de México, propone un modelo alternativo teórico para estas regiones, en base a combinaciones de Cedrela odorata, Citrus aurantifolia, Musa sapientum y Coffea arabica. Awatramani (7) y Hanumantha (29) sugieren distintas combinaciones de café, roble (Quercus spp.), naranja (Citrus sinensis) y otros árboles frutales.

Indudablemente la complejidad de las interacciones entre los componentes y el tiempo prolongado que tiene que transcurrir para obtener resultados confiables, son factores limitantes para la investigación sobre sistemas agroforestales.

2.4 Características de los Componentes de los Sistemas Agroforestales.

Tanto las especies agrícolas como las forestales deben reunir características compatibles para el aprovechamiento de los nutrientes, agua y luz. Cinco son los factores directos por los cuales las plantas compiten: luz, agua, nutrimentos, oxígeno y dióxido de carbono. Sin embargo, no existe competencia por oxígeno y dióxido de carbono excepto en condiciones de limitado abastecimiento del aire del suelo, reduciéndose en la mayoría de los casos, a competencia por nutrimentos, agua y luz. El hecho de que, tanto los nutrimentos como el agua sean absorbidos por las raíces, hace que el estudio de las raíces de las plantas sea de importancia primaria en cualquier estudio de competencia (13).

Entre las características deseables del componente forestal asociado con cultivos, se pueden mencionar las siguientes: crecimiento rápido, fuste recto y limpio (carente de gambas); copa poco densa; sistema radicular profundo y poco extendido; es deseable también que tenga capacidad de fijar nitrógeno atmosférico; que su mantillo no altere marcadamente la reacción del suelo y que tenga autopoda o que esta se haga con facilidad (12,23).

Respecto a la elección de los cultivos agrícolas asociados con árboles, debe tomarse en cuenta tanto las necesidades alimenticias y las preferencias del agricultor, como las características anatómicas, fisiológicas y culturales de los cultivos. Los cultivos agrícolas cuyas prácticas culturales demanden una mayor remoción del suelo, deben ser excluidos del sistema o mantenidos a una distancia conveniente de las otras especies de la asociación (38,58).

Los cultivos agrícolas seleccionados no deben ser transmisores de enfermedades que ataquen a los árboles. May (48) indica que la yuca (Manihot esculenta), el camote (Ipomea batatas), la papa (Solanum tuberosum) y otras plantas con tubérculos, no deben estar asociadas con pinus elliotii puesto que los tubérculos de estas plantas son excelente medios para la proliferación del hongo Armillaria mellea, causante de la pudrición de las raíces de p. elliotii. Agrega dicho autor que A. mellea es capaz de atacar a otras especies arbóreas de 28 distintos géneros.

2.5 Descripción de Terminalia ivorensis A. Chev.

2.5.1 Taxonomía y características morfológicas.

Terminalia ivorensis pertenece a la familia Combretaceae; es conocida comúnmente bajo las siguientes denominaciones regionales: Idigbo y Black Afara en Nigeria; Framiré en Costa de Marfil; Emeri en

Ghana; Lidia en Camerun y Bajii en Sierra Leona. De estos nombres, los más populares son Idigbo y Framiré que también son utilizados como nombres comerciales (40,24).

Terminalia ivorensis es un árbol decídúo de gran tamaño. Bajo condiciones naturales se encuentran ejemplares de más de 45 m. de altura y 1,5 m. de DAP. Presenta, generalmente, un fuste muy recto y casi cilíndrico, con pequeñas raíces tablares en la base (40,24, 72).

La corteza es lisa y de color gris claro en árboles jóvenes; fisurada y de color marrón oscuro, casi negro, en árboles maduros (40,72).

Las ramas de los árboles jóvenes están dispuestas en posición verticilada formando varios estratos horizontales, perpendiculares al tallo principal. Estas ramas son deciduas y caen luego de los primeros años de su crecimiento inicial. En árboles maduros, mayores de 25 años de edad, la copa del árbol está formada únicamente por ramas que se extienden horizontalmente, formando una copa plana alrededor del ápice del fuste (40,74).

El sistema radical del árbol, formado por una raíz pivotante sostenida por 6-8 raíces laterales, es extenso y superficial, particularmente en sitios inadecuados para el crecimiento de la especie (40,51).

2.5.2 Características de la madera.

La madera de T. ivorensis es de color amarillo pálido o marrón amarillento. Es de textura moderadamente gruesa, de consistencia blanda o moderadamente dura, con una densidad que va de 0,45 a 0,62 (80). En relación a su peso tiene excelentes propiedades de resistencia. El secado de la madera se realiza sin problemas, sufriendo

poca contracción durante el mismo. Es de fácil trabajabilidad, tiene buen acabado y es permeable a los preservantes (43). Es considerada como una madera moderadamente durable en condiciones naturales; es muy resistente a los ataques fungosos (47,54).

La madera de T. ivorensis se utiliza en todo tipo de trabajos de carpintería fina, construcciones pesadas y livianas, pulpa de fibra corta, enchapado y contrachapado (80,62,70).

González (28) en base a pruebas de laboratorio con material de T. ivorensis plantada en Turrialba cita que esta madera tiene propiedades físicas y mecánicas similares a las del laurel (Cordia alliodora) y del lagarto (Zanthoxylum sp.).

2.5.3 Distribución natural y requerimientos ecológicos.

El área de distribución natural de T. ivorensis está localizada en Africa Occidental, desde Guinea hasta Camerún, entre los 4° N y los 11° N (38). Esta especie se encuentra normalmente en bosque húmedo siempre verde y bosque deciduo (74).

Para su óptimo crecimiento T. ivorensis requiere de un mínimo de 1270 mm. de precipitación uniformemente distribuidos durante el año, con una estación seca que puede fluctuar entre 0-2 meses. Dentro del habitat natural de la especie, la temperatura media anual fluctúa entre 20° y 33° C y la humedad relativa rara vez baja del 50%. Se considera como óptimo una temperatura media anual de 24-26 °C; con una temperatura promedio del mes más cálido de 26-30 °C y una mínima promedio del mes más frío de 22-24 °C (80).

T. ivorensis se adapta bien a suelos neutros o ácidos con textura franco arenosa o franco arcillosa con buen drenaje. Es intolerante a suelos superficiales y suelos con mal drenaje.

2.5.4 Características silvícolas.

En los bosques naturales, T. ivorensis ocupa una posición dominante junto con otras especies tales como: Terminalia superba, Triplochiton scleroxylon, Nauclea sp., Chlorophora excelsa y otras (40,74). La regeneración natural es abundante, especialmente en lugares abiertos. Para su crecimiento requiere de alta luminosidad, por lo que se comporta como buen colonizador de tierras agrícolas abandonadas (75).

La regeneración artificial de T. ivorensis se realiza con facilidad; este hecho hace que sea una especie adecuada para plantaciones en gran escala. La germinación de las semillas en vivero puede durar entre 14 y 50 días y en 4 meses las plantas alcanzan el tamaño adecuado para ser plantadas. Los materiales de trasplante producidos en vivero pueden ser: plantas completas a raíz desnuda, pseudo-estacas o plantas en maceta (11,4, 44, 46).

Las primeras plantaciones de T. ivorensis se iniciaron en terrenos previamente limpiados, removiendo y quemando la vegetación original. Los elevados costos de plantación que este método implica dieron paso a otros métodos económicamente más ventajosos, tales como: el "Sistema Taungya", las plantaciones mixtas como sombra de cultivos perennes y las plantaciones en líneas de enriquecimiento (28,60).

T. ivorensis no responde bien a altas densidades de plantación; en espaciamientos cerrados se produce una considerable reducción en altura y diámetro (56).

Lowe (43) cita que en Nigeria, las distancias de plantación se ampliaron de 1,83 m. en las primeras plantaciones, hasta 5,49 m. x 5,49 m. en las más recientes, establecidas mediante el sistema Taungya.

En Ghana, en trabajos de enriquecimiento, fué plantada a un distanciamiento de 6,7 m. entre líneas y 5,0 m. entre plantas (40). Lamb (42) propone un espaciamento de 9 m. x 9 m. para plantaciones de T. ivorensis asociadas con cacao. Espaciamentos de 10 m. x 5 m. en Nigeria, y de 8 m. x 3 m. en Ghana, se están utilizando en parcelas experimentales de plantaciones puras (40).

Lowe (45) afirma que T. ivorensis tiene poca tendencia al raleo natural, comparado con Gmelina arborea y Eucalyptus deglupta. Según Neef (51) cuando el árbol se encuentra en un medio donde existe competencia tiende a degenerar; este detalle se debe tomar en cuenta para establecer adecuadas distancias de siembra y regímenes de raleo. Los raleos que deben aplicarse a plantaciones dependen de las distancias de siembra elegidas, pero en todo caso deben estar encaminados a obtener un turno final de 100 árboles por hectárea (40,32).

2.5.5 Comportamiento en plantaciones y parcelas experimentales.

2.5.5.1 Crecimiento en Altura y DAP.

→ Terminalia ivorensis está considerada como una especie de rápido crecimiento. Lamb (40) cita que el promedio de incremento anual en altura, fluctúa entre 1,83 - 2,13 m. En general, el crecimiento de T. ivorensis es muy rápido durante sus primeros años de vida y disminuye paulatinamente con la edad. El DAP óptimo para cosechar el árbol fluctúa entre 70-90 cm.; puede alcanzarse en un turno de 40 años en sitios favorables. Laurie (42) en base al crecimiento que registró de parcelas experimentales en Islas Salomón, Ghana, Costa de Marfil, Tanzania y Uganda, concluye que el crecimiento inicial de T. ivorensis es muy rápido pero también muy variable. Este autor cita tasas de crecimiento en altura que van desde 1,2 m/año en algunos sitios de Ghana, hasta 4,9 m/año, en los mejores sitios de Uganda; concluye además, que un crecimiento inicial de 2,1 m-3,0 m/año es común en buenos sitios. ←

Datos de crecimiento en DAP y altura en parcelas experimentales en Sabah muestran el ritmo de crecimiento de T. ivorensis en los primeros años (65,66,67,68,69). En el cuadro 1 se indican los datos de altura y diámetro registrados durante los primeros 7 años de crecimiento. Se observa en este cuadro que a medida que los árboles avanzan en edad, disminuye el incremento medio anual en diámetro promedio y en altura de los 5 árboles mayores.

En el cuadro 2 se resumen algunos datos de crecimiento en altura y DAP registrados en distintas partes del mundo.

2.5.5.2 Incremento Volumétrico.

Las estimaciones del incremento volumétrico disponibles en la literatura son muy variables. Laurie (42) cita incrementos de 8,4 - 9,8 m³/ha/año en Nigeria y de 3,5 - 7,4 m³/ha/año en Sierra Leona. Webb (80) estima que el rendimiento volumétrico de T. ivorensis fluctúa entre 12-20 m³/ha/año.

En el cuadro 3 se observan algunos ejemplos del crecimiento en volúmen que alcanzó esta especie en distintas localidades de Nigeria. La carencia de uniformidad en edades y densidades del rodal en los distintos sitios hacen difícil la comparación entre los distintos valores y aumenta la variabilidad de los incrementos volumétricos registrados, que van desde 7,8 m³/ha/año hasta 19,9 m³/ha/año.

Dawkins, citado por Lowe (43), estimó que T. ivorensis tiene un elevado índice diámetro de copa/diámetro del fuste; y que esta relación es relativamente poco flexible; concluye que esto da como resultado una baja productividad por unidad de área. Sin embargo este hecho podría no tener importancia si el valor de la tierra es bajo y existe la necesidad de obtener árboles para aserrío en períodos

Cuadro 1. Terminalia ivorensis. Datos del crecimiento inicial en parcelas de ensayo en Sabán. Según referencias (65, 66, 67, 68, 69).

Edad (años)	Altura en Metros			DAP en cm.				
	Promedio	IMA*	Dominante**	IMA de Alt. dom.	Prom. IMA	Dominante IMA	IMA de DAF Dom.	
2,1	3,9	1,8	7,2	3,4	5,7	2,7	10,7	5,1
3,0	5,7	1,9	9,0	3,0	7,4	2,5	13,6	4,5
4,0	-	-	11,3	2,8	9,2	2,3	15,6	3,9
5,0	-	-	12,9	2,6	10,7	2,1	17,7	3,5
7,0	-	-	18,0	2,6	12,4	1,8	21,5	3,1

* Incremento Medio Anual

** Promedio de los 5 árboles mayores.

Cuadro 2. Terminalia ivorensis. Datos de crecimiento en altura y DAP en algunos lugares donde ha sido introducida*.

País	Edad (años)	Altura (metros)	DAP (cm)	Observaciones	Referencia
Costa de Marfil	2,5	9,3	10,5	Promedio de la mejor procedencia en parcelas de ensayo	17
Surinam	2,5	5,4	7,0	parcelas experimentales. Murieron posteriormente	46,76
Fiji	3,0	9,1	-	Parcela exp. sobrevivió a un ciclón	39
Panamá	4,2	11,0	-	Ensayo de especies	33
Nigeria	6,0	13,4	20,0	Parcelas permanentes en plantaciones	52
Nigeria	6,0	14,9	19,8	parcelas permanentes en plantaciones	52
Nigeria	6,0	7,9	11,1	Plantación en líneas dentro del bosque húmedo	53
Costa Rica	10,0	20,0	25,0	parcelas experimentales	16
Nigeria	11,0	20,3	24,2	Raleada a los 6 años para intercalar <u>Khaya ivorensis</u>	32
Nigeria	17,0	24,1	28,3	Parcelas permanentes en plantaciones	52
Nigeria	20,0	25,9	38,8	Intercalada con meliáceas	32
Nigeria	30,0	-	54,9		32
Nigeria	31,0	29,0	39,7		32
Nigeria	37,0	24,7	42,8	parcelas permanentes en plantaciones	52

* Se excluyen los datos presentados en el cuadro 1.

Cuadro 3. Terminalia ivorensis. Datos de incremento en volumen en distintas plantaciones en Nigeria.

Edad (años)	Volumen (m ³ /ha/año)	Densidad (árboles/ha)	Observaciones	Referencia
6	19,9	487		40
6	8,6	220	parcelas permanentes en plant. est. con Taungya	56
6	11,7	297	Parcelas permanentes en plant. est. con Taungya	56
11	14,9	150	Intercalado con <u>Khaya ivorensis</u>	32
17	9,6	182	Parcelas permanentes en plant. est. con Taungya	56
24	17,5	275	Intercalado con <u>T. superba</u>	32
31	7,8	66	Algunos raleos no fueron registrados.	32

cortos o bien si la producción de árboles se combina con cultivos para aprovechar el espacio disponible por la baja densidad de árboles/ha. —

2.5.6 plagas y enfermedades.

En diversas partes del mundo se han registrado ataques de insectos y enfermedades ocasionando daños tanto a plantaciones como a árboles que crecen en bosques naturales.

En el cuadro 4 se registran algunas de las principales plagas y enfermedades observadas en distintos sitios.

Cuadro 4. Terminalia ivorensis. Plagas de insectos y enfermedades observadas en algunos países.

País	Agente causal	Daños observados	Ref.
Nigeria y Ghana	Insecto <u>Nanophyes sp.</u> (Coleoptera)	Perfora los frutos, se registran ataques hasta de 42%. Disminuye la germinación	54,57
Nigeria y Ghana	Insecto <u>Tridesmodes ramiculata</u> (Lepidoptera: <u>Thyrididae</u>).	La larva barrena los brotes apicales del árbol, resultando mala forma y brusca detención del crec.	55,53
Nigeria y Ghana	Insecto <u>Apate monachus</u>	Barrena el tallo de árboles vigorosos	40,43
Ghana	Insecto <u>Botrychopsis tonsa</u>	Barrena los tallos de los árboles de aprox. 5 cm. de diámetro	79
Ghana	Insecto <u>Aletobius kuntzeni</u> y <u>Parapodurus fuscicornis</u> .	Se alimentan de hojas y brotes tiernos del árbol	79
Ghana	Hongo del género <u>Endothia</u>	Marchitamiento, clorosis, muerte regresiva de ramas, manchado de la albura, muerte del árbol. Se ha obs. en plant. 30 años de edad.	57
Surinam	Hongo, probablemente <u>Armillaria sp.</u>	Muerte de los árboles.	46

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización y Descripción del Area Experimental.

El trabajo se realizó en terrenos del CATIE, en Turrialba, Costa Rica, en una plantación de Terminalia ivorensis establecida en junio de 1978, en un sitio rodeado de cafetales, en dirección al área experimental conocida como "Florencia Sur". La posición geográfica del sitio está definida por las siguientes coordenadas terrestres: 83° 39'50" longitud oeste, 9°53'10" latitud norte; su elevación es de 602 msnm.

En la figura 1 se puede observar un plano de localización del área de estudio.

El área tiene una pendiente suave, que oscila entre 15-20%, está rodeada de pequeñas colinas de origen volcánico. El tipo de suelo según la clasificación de Aguirre (1) corresponde a la serie Instituto Fase Margot Coluvial, con abundante material pedregoso. La textura del horizonte superficial es franco arcilloso y en los horizontes profundos, arcilloso. Se considera que el suelo tiene un drenaje moderado.

Para conocer las condiciones de fertilidad del suelo del área experimental, se realizó un muestreo y análisis de suelos. Las muestras se obtuvieron a tres profundidades: 0 a 5 cm., 5 a 25 cm., y 25 a 50 cm. En la capa superficial de 0 a 5 cm. se hizo otro muestreo, luego de finalizada la segunda cosecha agrícola. Los resultados se presentan en el cuadro A1 (*).

*La letra A.....indica que estos cuadros están en el apéndice.

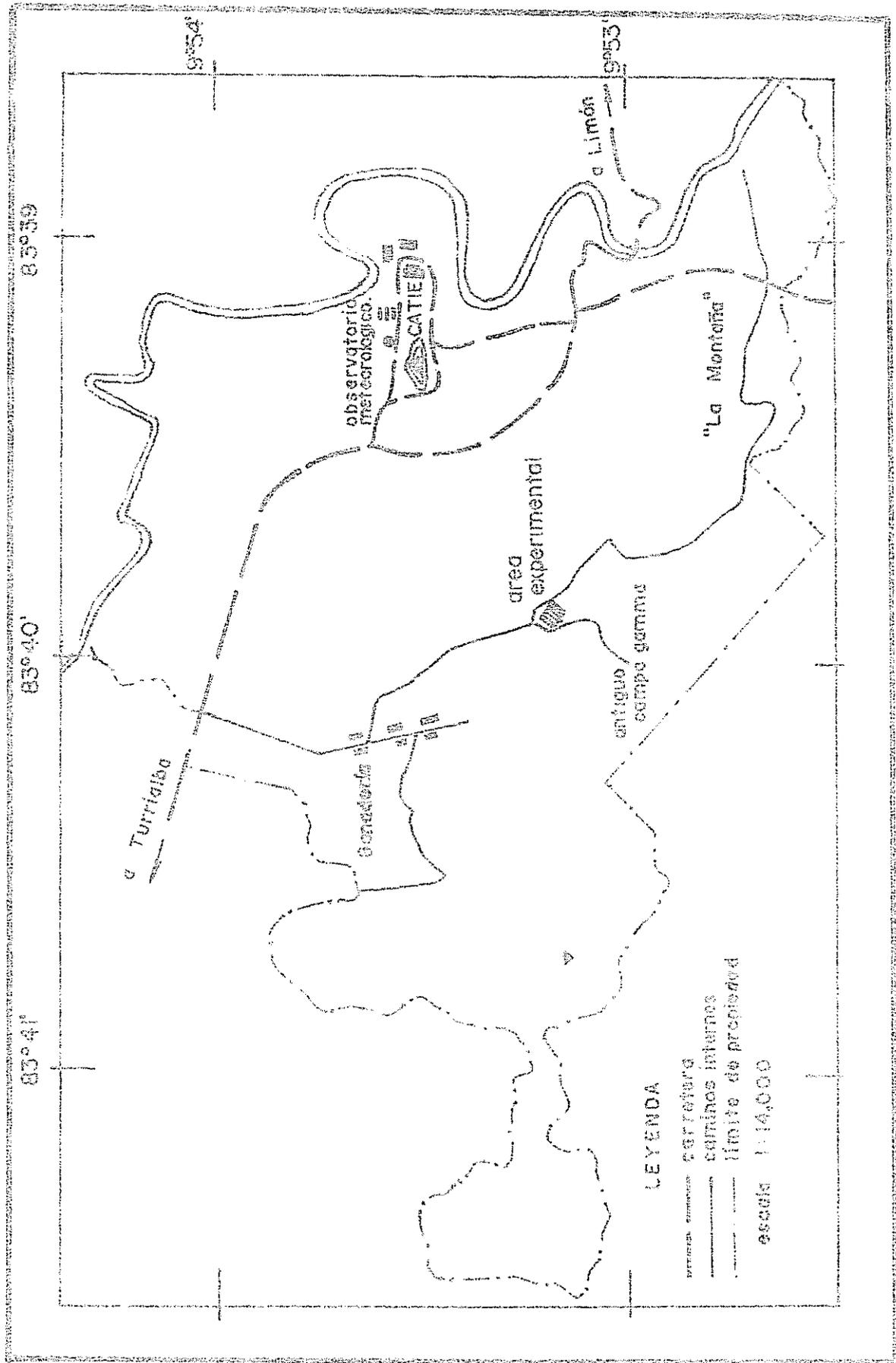


Fig. 1 Localización del área experimental

3.2 Clima.

Los datos climáticos registrados durante el período experimental (septiembre/1979 - septiembre/1980) fueron los siguientes: Temperatura promedio 22 °C, precipitación total de 2,055 mm. distribuidos en 233 días de lluvia; el mes más lluvioso fué junio con 311.7 mm. y el mes más seco fué marzo con 16.79 mm. En el cuadro 1.2 se pueden observar los datos de precipitación, temperatura y evaporación del período de ensayo comparados con los promedios normales; en la figura 2 se presentan los datos de precipitación y temperatura. Las temperaturas promedio mensuales variaron ligeramente en comparación con los promedios normales. Exceptuando febrero, mayo y junio las precipitaciones mensuales en el período de ensayo fueron inferiores a las normales y, con excepción de noviembre y junio, la evaporación mensual fué superior a los promedios normales; durante el período se registraron 575 mm. menos de precipitación y 145 mm. más de evaporación en relación a dichos promedios. En base a estos datos se puede calificar el período como relativamente seco. Los datos climáticos se obtuvieron de la estación meteorológica del CATIE (*) ubicada aproximadamente a 800 metros del área experimental.

3.3 Antecedentes del Área Experimental.

Esta área estuvo sembrada con cultivos anuales hasta el año 1974 cuando fué abandonada. De 1974 a 1978 estuvo cubierta por una vegetación herbácea con predominio de gramíneas. En junio de 1978 se estableció una plantación de Terminalia ivorensis N. Chev. a 3 x 3 m. de distancia, con el objeto de realizar un ensayo planeado bajo un diseño de bloques al azar con parcelas divididas, con cinco repeticiones, de acuerdo con la figura 3.

* CATIE, informes mensuales de datos meteorológicos, 1979-1980.

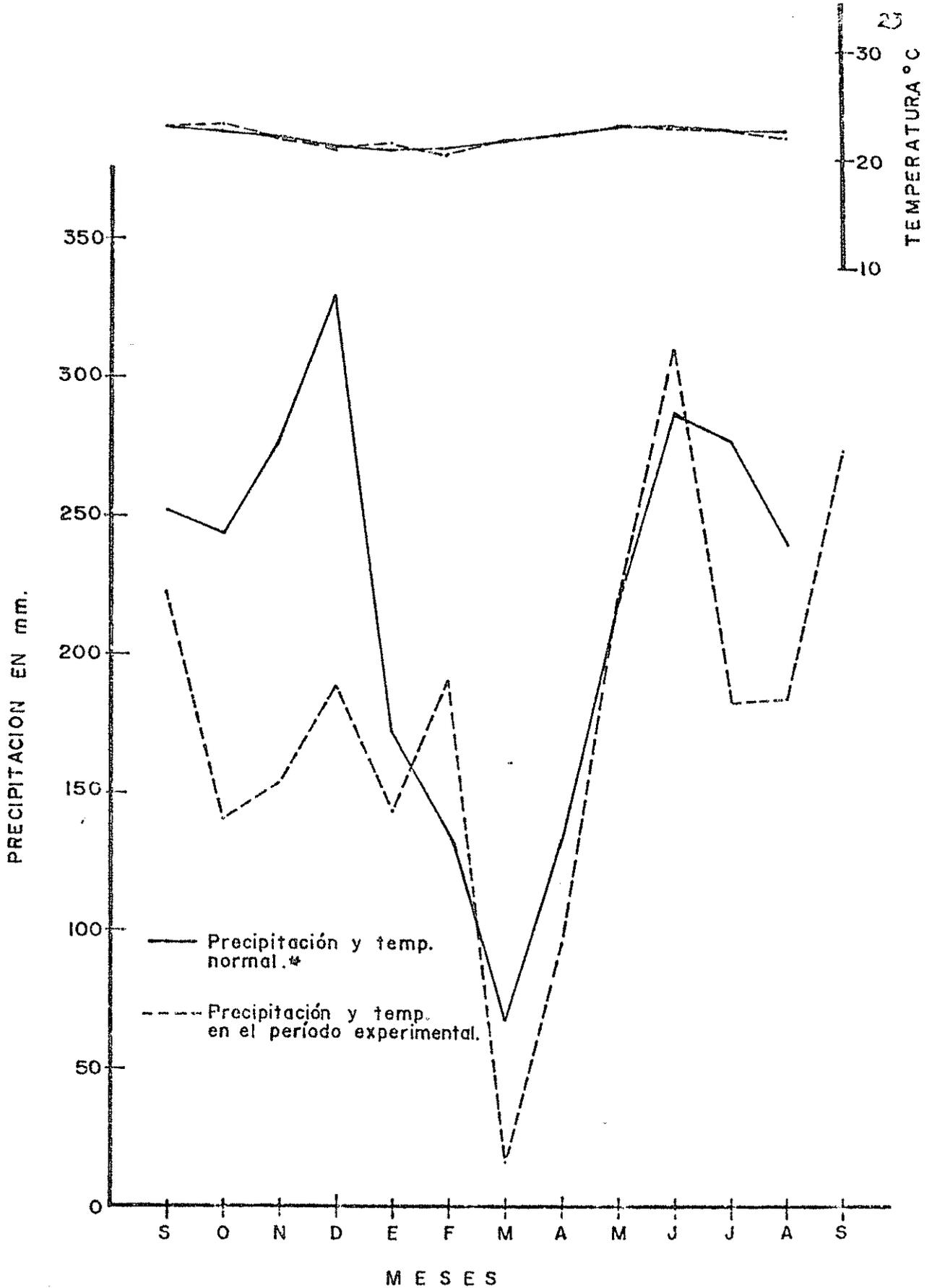


Fig.2 Precipitación y temperatura registradas durante el período experimental, comparadas con los promedios normales .

*Promedio de precipitación de 36 años; promedio de temperatura de 21 años.

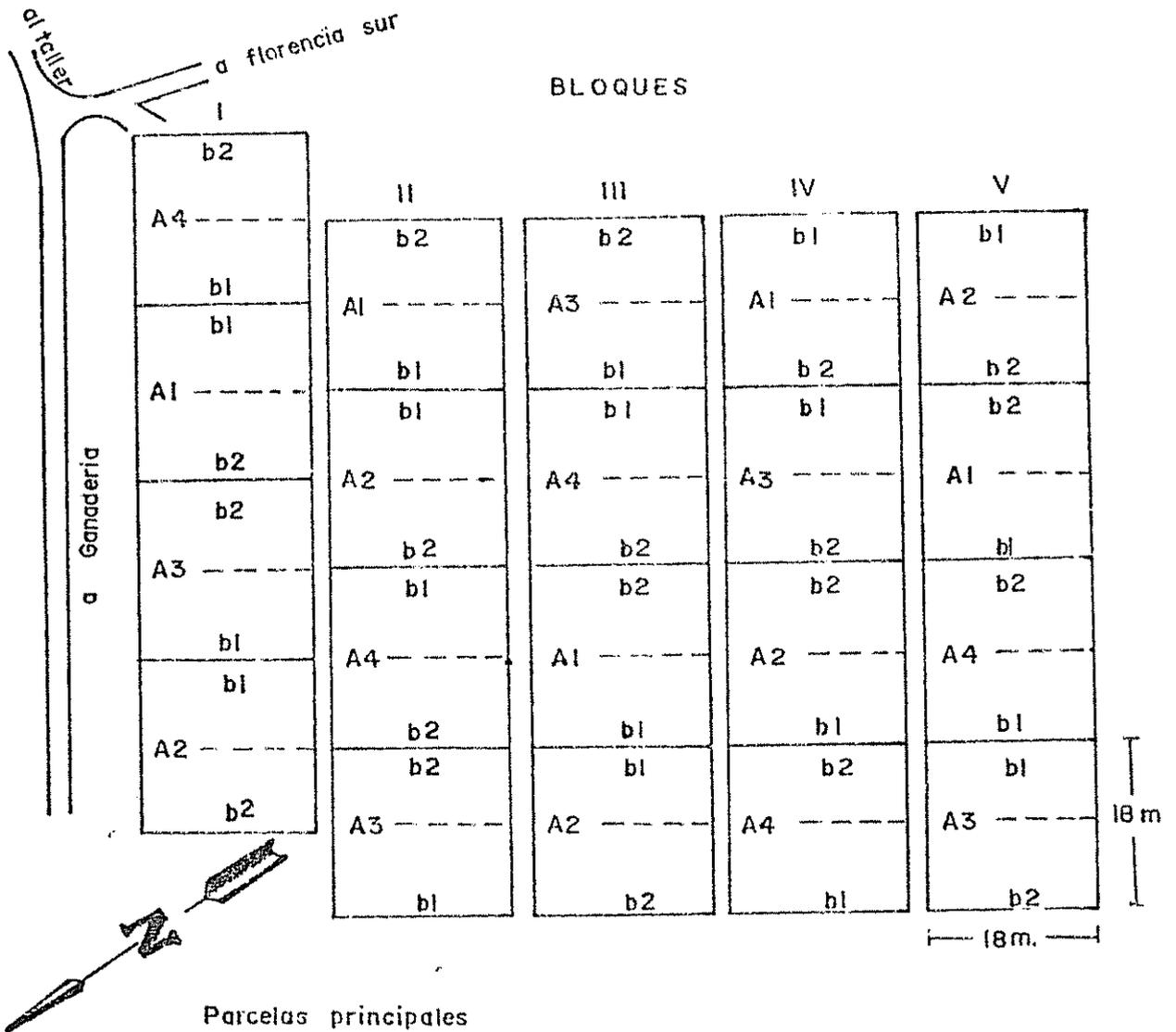


Fig. 3 *Terminalia ivorensis*. Distribución de los tratamientos aplicados en la fase de establecimiento de la plantación experimental de junio de 1978 a abril de 1979. (Magne (46).)

Se compararon cuatro tratamientos principales, relacionados con la asociación de tres cultivos agrícolas con la plantación y dos sub-tratamientos relacionados con el material de trasplante utilizado (46).

Durante el período junio 1978 - septiembre 1979 se realizaron tres ciclos de cultivo, asociados con la plantación forestal, utilizando frijol, (Phaseolus vulgaris), maíz (Zea mays) y caupí (Vigna unguiculata) en las siguientes rotaciones.

Tratamiento A2: maíz-frijol-maíz

Tratamiento A3: caupí-maíz-caupí

Tratamiento A4: (caupí+maíz)-(frijol+maíz)-(caupí+maíz)

Se mantuvo en cada bloque una parcela de Terminalia ivorensis sin asociación agrícola, hasta el inicio del presente estudio.

3.4 Diseño Experimental.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas, con 5 repeticiones. Se incluyeron los siguientes tratamientos.

Factor "A" (Parcela):

A1: Terminalia ivorensis sin asociación agrícola

A2: Terminalia ivorensis asociada con café, (Coffea arabica)^{1/2}

A3: Terminalia ivorensis asociada con cacao, (Theobroma cacao)^{1/2}

A4: Terminalia ivorensis asociada con naranja, (Citrus sinensis).

Factor "b" (Subparcela): Las tres parcelas grandes que incluyeron asociación agrícola (A2, A3, y A4), se dividieron en 2 subparcelas así:

b1: ciclo de cultivo de frijol, seguido de 1 ciclo de vainita, (Phaseolus vulgaris var. 'Harvester').

b2: 1 ciclo de mungo (Vigna radiata), seguido de 1 ciclo de caupí.

El factor "A" ocupó parcelas de 324 m² de superficie; de forma cuadrada; de 18 m. por lado. El factor "b" ocupó subparcelas de 162 m² de forma rectangular, con lados de 18 y 9 m. En el cuadro 5 se presenta la lista de los tratamientos. La disposición de las parcelas en el campo, se observa en la figura 4.

Adyacentes a la plantación forestal se establecieron parcelas comparativas de 324 m², que sirvieron como testigos de los tres cultivos perennes. Son las siguientes:

- A5: café con sombra de poró (Erythrina poeppigiana)
- A6: cacao con sombra de Leucaena leucocephala ✓
- A7: naranja al sol.

De cada parcela se hicieron dos repeticiones. La disposición de estas parcelas en el campo puede observarse en la figura 4.

3.5 Elección de Cultivos, Densidades de Siembra y Arreglos Espaciales.

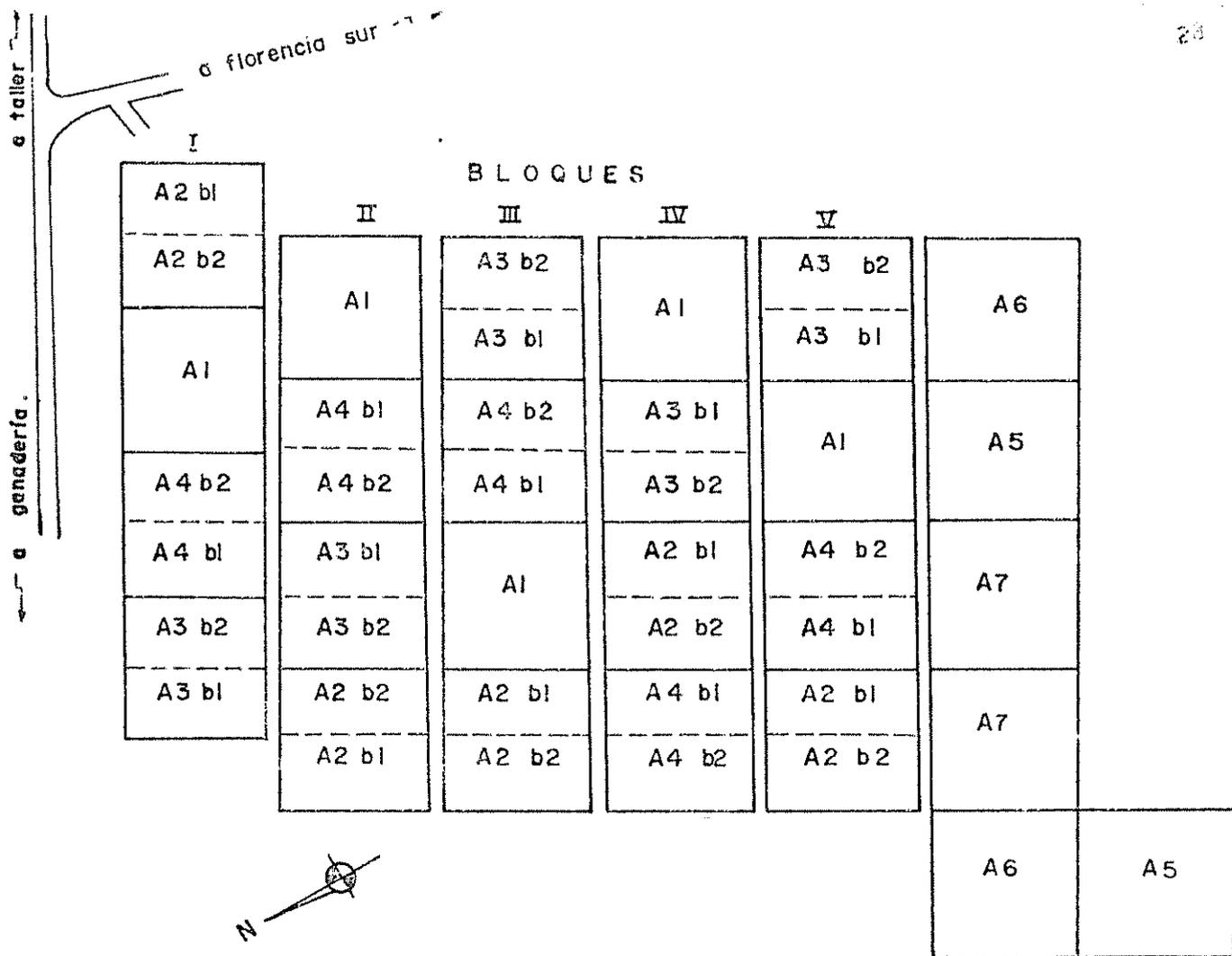
Los cultivos perennes elegidos para este experimento fueron los siguientes: café, cultivar 'Caturra', cacao, de los siguientes cruces: 'SPA-12 x Pound 7', 'Pound 12 x UF-613' y 'EEF-400 x SCn-12'; naranja, cultivar 'Valencia' injertada sobre 'naranja agria'.

Los cultivos anuales fueron: mungo, var. 'CES-NGY', caupí, var. 'V-44', frijol, var. 'Turrialba 4' y frijol de vainita var. 'Harvester'.

La densidad de siembra inicial para el café, en octubre, fué de 3 333 plantas/ha. incrementándose a 10.000 plantas/ha. en junio.

Cuadro 5. Lista de tratamientos.

Simbolo	Tratamiento
A1	T. <u>ivorensis</u> en plantación sin asocio
A2b1	T. <u>ivorensis</u> asociada con café + frijol - vainita
A2b2	T. <u>ivorensis</u> asociada con café + mungo - caupí
A3b1	T. <u>ivorensis</u> asociada con cacao + frijol - vainita
A3b2	T. <u>ivorensis</u> asociada con cacao + mungo - caupí
A4b1	T. <u>ivorensis</u> asociada con naranja + frijol - vainita
A4b2	T. <u>ivorensis</u> asociada con naranja + mungo - caupí



PARCELAS PRINCIPALES:

- A1 T. ivorensis en plantación sola.
- A2 T. ivorensis asociada con café.
- A3 T. ivorensis asociada con cacao.
- A4 T. ivorensis asociada con naranja.
- A5 café
- A6 cacao
- A7 naranja

SUBPARCELAS:

- b1 frijol-vainita
- b2 mungo-caupí

Fig. 4 Distribución de los tratamientos en el campo.

Las variables fueron registradas únicamente de plantas sembradas en octubre. La densidad del cacao fué de 1,111/plantas/ha. y la densidad de naranja 555 plantas/ha.

El caupí y las dos variedades de frijol fueron sembradas a una densidad de 100 000 plantas/ha. El mungo fué sembrado a 200 000 plantas/ha.

Al inicio del ensayo, la especie forestal estaba plantada a una densidad de 1,111 árboles/ha., en marco real a espaciamientos de 3 x 3 m. En el mes de mayo de 1980 se realizó un raleo selectivo, del 37% en las parcelas en asociación agrícola, dejando la plantación a una densidad de 694 árboles/ha.

En las figuras 5 y 6 se muestra el arreglo espacial en los distintos tratamientos.

3.6 Período Experimental.

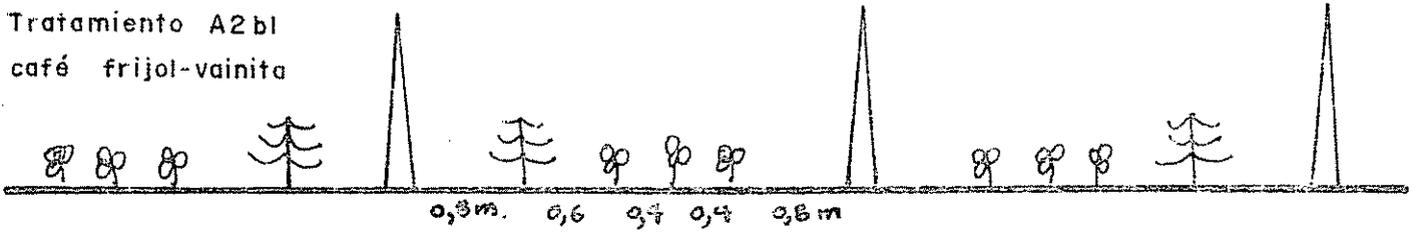
Los trabajos de campo duraron un año, desde la primera medición el 15 de septiembre de 1979, hasta el último registro el 15 de septiembre de 1980. En el mes de octubre se inició la plantación de los cultivos perennes, y de noviembre de 1979 a agosto de 1980 se ajustaron 2 períodos de cultivos anuales, de noviembre a marzo y de mayo a agosto. En la figura 7 se muestra el arreglo cronológico de los cultivos.

3.7 Manejo del Material Experimental!

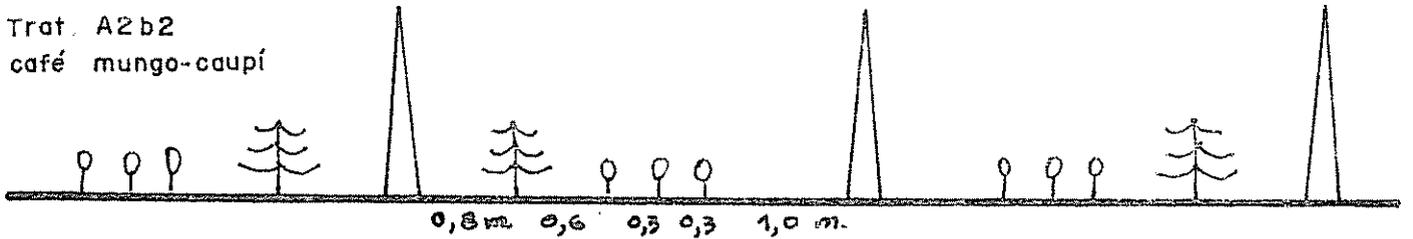
3.7.1 Especie forestal.

Las labores llevadas a cabo en las parcelas sin asociación (tratamiento A1 ó testigo) consistieron únicamente en tres deshier-

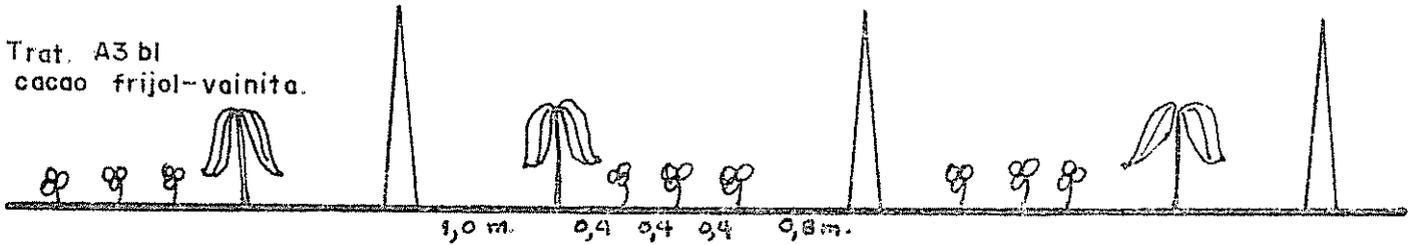
Tratamiento A2b1
café frijol-vainita



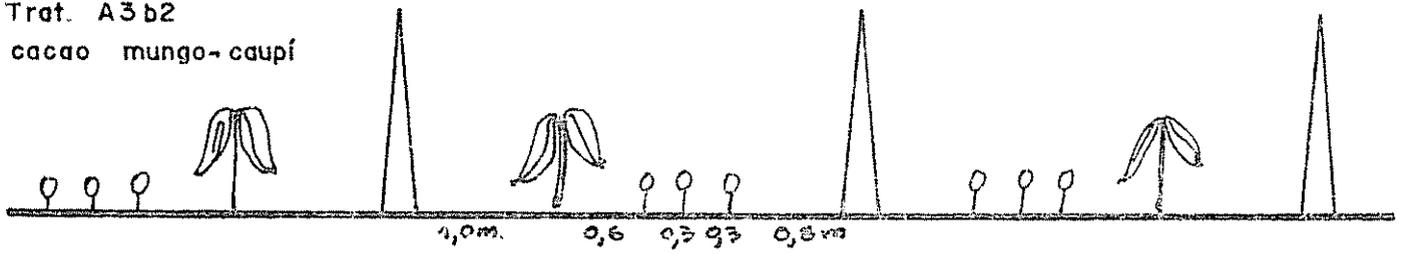
Trat. A2b2
café mungo-caupí



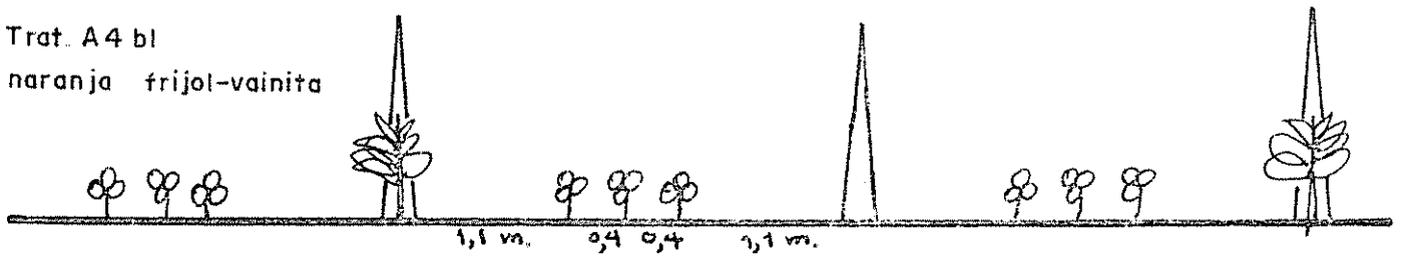
Trat. A3b1
cacao frijol-vainita.



Trat. A3b2
cacao mungo-caupí



Trat. A4b1
naranja frijol-vainita



Trat. A4b2
naranja mungo-caupí

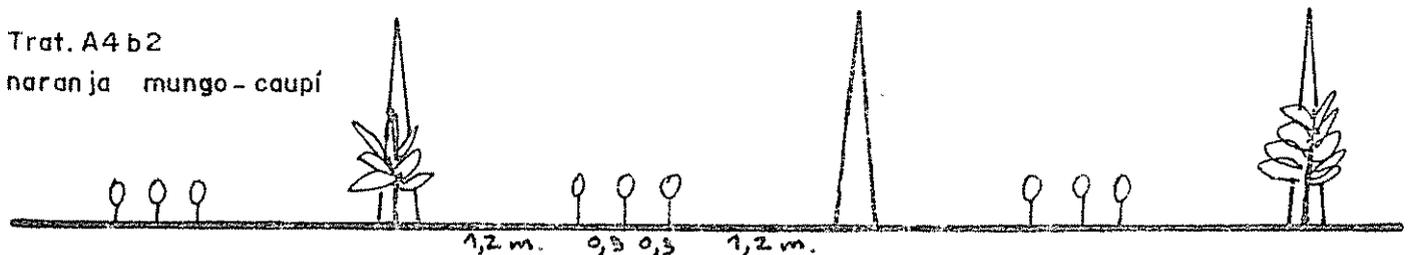


Fig. 5 Arreglo espacial de las diferentes especies del experimento.
Vista de perfil.

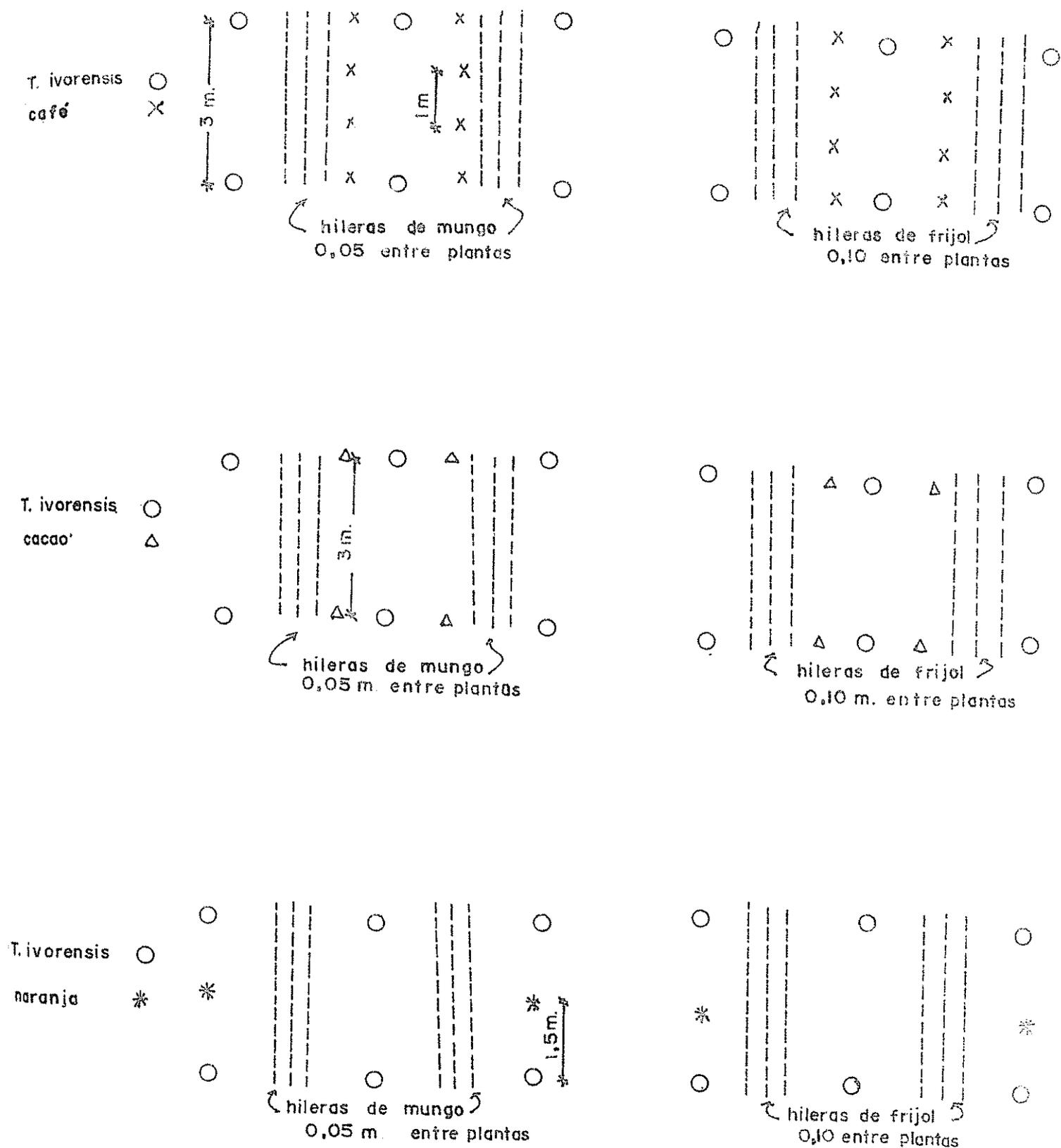


Fig. 6 Arreglo espacial de los tratamientos. Vista de planta.

septiemb. oct. nov. dic. en. feb. mar ab. may, jun. jul. ag. sept.

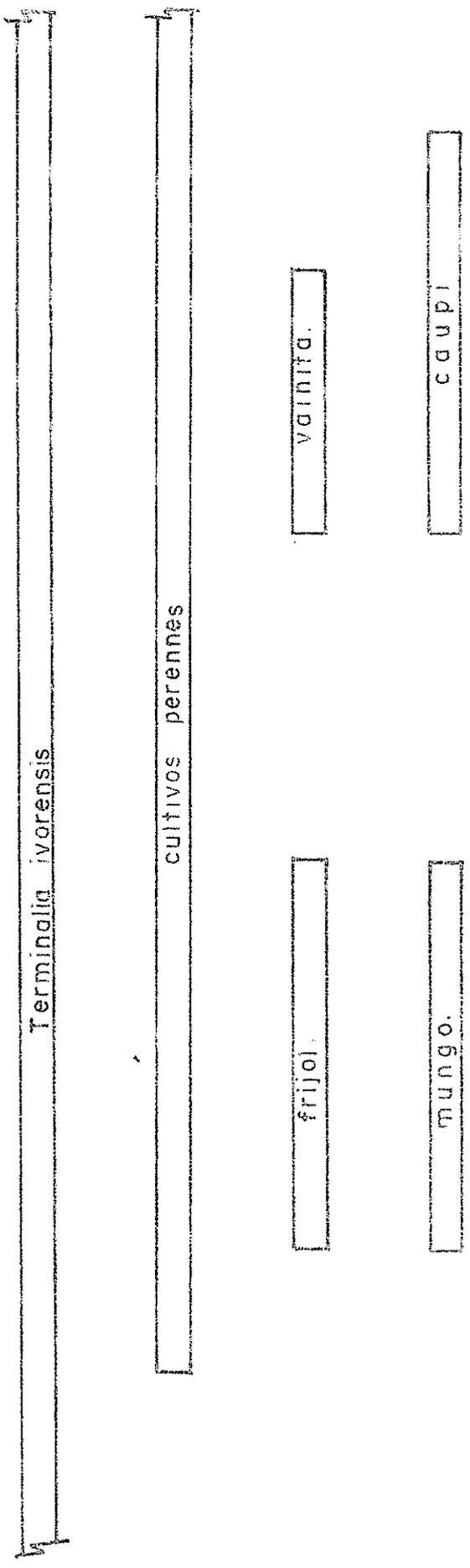


Fig. 7 Arreglo cronológico de los cultivos

bes con machete durante el año y el control periódico, conforme fué necesario, de hormigas arrieras (Atta sp.) por medio de la aplicación de un insecticida granulado.

En las parcelas con asociación agrícola se realizaron las siguientes labores:

- poda de todas las ramas hasta una altura de 1.8 m. (en noviembre de 1979)
- Raleo selectivo del 37% de los árboles (mayo de 1980).
- Control periódico de hormigas arrieras.

El traslape de las copas de los árboles fué el factor que determinó la práctica del raleo en las parcelas con asociación. Las parcelas testigo (tratamiento A1) no fueron raleadas debido a que en ningún momento los árboles llegaron a juntar sus copas.

En las parcelas con cultivos asociados, las únicas limpiezas llevadas a cabo fueron las dirigidas a los cultivos anuales.

3.7.2 Cultivos perennes.

Los cultivos perennes recibieron los siguientes cuidados culturales:

- 3 fertilizaciones, en noviembre, febrero y mayo, a razón de 40 grs. por planta en café, y 100 gr. por planta en cacao y naranja. Se utilizó fertilizante de la fórmula 10-30-10. En total, durante el período experimental se aplicaron 480 kg/ha al café, 336 al cacao y 165 a la naranja.
- 2 aspersiones de productos fungicidas e insecticidas. Eliminación de las malezas dentro de un círculo de 1 m. de diámetro

alrededor del tronco de cada planta. El plateo se realizó al final del segundo ciclo de cultivos anuales, en el mes de agosto.

- En las parcelas testigo (cultivos perennes sin asociación forestal) se realizaron 4 deshierbes durante el año, en diciembre, febrero, mayo y agosto.

3.7.3 Cultivos Anuales.

Los cultivos anuales se manejaron con baja tecnología. Las únicas labores culturales desarrolladas fueron las siguientes:

- Preparación del terreno para la siembra: Esta labor se realizó en forma manual haciendo con pala un ligero volteo de la capa superficial del suelo, consiguiendo con ello la eliminación de malezas y nivelando el terreno para facilitar la siembra. Esta operación se realizó en noviembre y mayo, una semana antes de la siembra, en cada ciclo de cultivo.
- Control de malezas: en el primer período de cultivo (época seca) no se realizaron deshierbes; en el segundo ciclo de cultivo (época lluviosa) se hizo un deshierbe manual, veinte días después de la siembra.
- Control de plagas y enfermedades: durante el primer ciclo de cultivo, el frijol sufrió un ataque de babosas (Agroliamax reticulata) que se combatieron con una aplicación del babsida Ortho-B^{1/}.

En el segundo ciclo de cultivos, el frijol y el caupí fueron atacados por insectos de los géneros Diabrotica y Ceratoma que se controlaron con una aspersión del insecticida Lannate^{2/}. En este mismo ciclo, se efectuó una aspersión con Dithane,^{3/} para la prevención de ataques fungosos.

1/ Orthene, 2/ Methomyl, 3/ Maneb.

3.8 Variables Medidas.

3.8.1 En la especie forestal.

para el registro de los promedios por parcela y subparcela, en todas las variables medidas, se tomaron en cuenta solo los árboles con competencia completa que permanecieron durante todo el período experimental. Se midieron 10 árboles por parcela y 5 por subparcela; excluyendo de las mediciones a los árboles raleados y a los árboles de borde. En las parcelas donde no se efectuó raleo (tratamiento A1) se trabajó con 16 árboles por parcela y 8 por subparcela, excluyendo únicamente los árboles de contorno para evitar el efecto de borde.

3.8.1.1 Diámetro y Altura.

Estas variables fueron medidas en seis ocasiones, en las siguientes fechas: 15 de septiembre de 1979, 15 de diciembre de 1979, 15 de febrero de 1980, 15 de abril de 1980, 15 de junio de 1980, 15 de agosto de 1980, 15 de septiembre de 1980.

El diámetro se midió con cinta diamétrica, que en todas las mediciones fué la misma; las determinaciones se hicieron sobre un anillo de pintura amarilla ubicada en el fuste, a 1.30 m. sobre la superficie del suelo.

La altura se tomó con reglas de madera graduadas cada 5 cm.; el tamaño de las reglas fué aumentando conforme el tamaño de los árboles lo requería

3.8.1.2 Area Basal.

Esta variable fué estimada sumando las áreas individuales de todos los árboles medidos en cada subparcela. La prime-

ra medición incluyó 8 árboles por subparcela y la segunda sólo 5 árboles, debido a que en mayo se realizó un raleo que redujo el total de árboles por subparcela a ese número.

El área basal obtenida por subparcela, fué inferida a m^2/ha , teniendo en cuenta que el área neta de cada sub-parcela es de $72 m^2$.

3.8.1.3 Diámetro de Copa.✓

Este dato fué registrado al inicio del período experimental, en septiembre de 1979 y al final de dicho período, en septiembre de 1980. En cada árbol de la parcela se midió, con una regla graduada cada 5 cm., la proyección vertical de la copa en dos direcciones perpendiculares entre sí, luego se anotó el promedio.

3.8.1.4 Distribución de Raíces.

Para describir el sistema radical de Terminalia ivorensis se utilizaron métodos de observación directa en dos árboles establecidos en las vecindades de las parcelas experimentales.

Los métodos de observación directa consisten en exponer el sistema radical de la planta estudiada "in situ" y reproducir lo que se observa mediante fotografías y por mapeo a escala de las raíces expuestas (26).

Se utilizó, específicamente, el método de "trincheras" o de "mapeo y conteo" sugerido por varios autores (71,10). Se cavó una trinchera al pie de cada árbol y se mapearon las raíces de Terminalia ivorensis expuestas en una de las paredes de la trinchera. Previamente se instaló un sistema de cuadros de 20 x 20 cm. en el perfil expuesto. En cada cuadro se contó el número de raíces expuestas, agrupándolas en función de sus respectivos diámetros, de la siguiente manera:

- a) $< 0,15$ cm.
- b) de $0,16$ a $0,5$ cm.
- c) $> 0,5$ cm.

Debido a que las raíces de T. ivorensis exhiben un color verde amarillento al ser descortezadas, fué fácil diferenciarlas de las otras raíces expuestas en la trinchera.

3.8.1.5 Contenido de Nutrimientos en el Follaje.

Para la determinación del contenido de nutrimentos en las hojas de T. ivorensis, se tomó una muestra por parcela. De cada uno de los árboles de la parcela se obtuvieron nueve hojas, procurando incluir, en partes iguales, hojas jóvenes, maduras y adultas de diferentes posiciones de la copa del árbol. Así se logró una muestra homogénea de cada árbol, tomando en cuenta que el estatus de nutrimentos en el tejido vegetal depende de la edad (63,19) y de la posición de la hoja en la copa del árbol (19). El análisis se realizó en el laboratorio de suelos del CATIE, empleando las metodologías que se indican en el cuadro 6.

3.8.2 En los cultivos perennes.

Para el registro de los promedios por parcela y subparcela, se tomaron en cuenta únicamente plantas con competencia completa. La parcela neta de café estuvo constituida por 30 plantas, la de cacao por 16 y la de naranja por 4.

Las variables medidas en los cultivos perennes fueron diámetro basal y altura. Ambas variables fueron medidas en dos ocasiones: en enero y en septiembre de 1980.

Para las mediciones de diámetro basal se utilizó una fornípula graduada en milímetros. Los diámetros fueron tomados en la base del tallo, a 5 cm. de la superficie del suelo.

Cuadro 6. Métodos de análisis químico del follaje

Determinación	Descripción de la metodología	Descrito por
Nitrógeno	Micro-Kjeldahl, digestión con mezcla sulfúrica	Muller (49)
Fósforo	Digestión con mezcla ácido nítrico-perclórico (5:1); determinación colorimétrica	Johnson y Ulrich (36)
K, Ca, Mg	Digestión con mezcla ácido nítrico-perclórico (5:1) y leídas en espectrofotómetro de absorción atómica P.E. 370 Å.	Johnson y Ulrich (36)
Azufre	Digestión con mezcla ácido nítrico-perclórico (5:1); determinación turbidimétrica con $BaCl_2$.	Johnson y Ulrich (36)

Para las mediciones de altura se utilizó una regla graduada cada 5 cm.

3.8.3 En los cultivos anuales.

3.8.3.1 Producción Comercial

Este dato se estimó sobre un área de 27 m² por subparcela. Las cosechas del frijol y de mungo en el primer período y del caupí en el segundo período de cultivos, se evaluaron en forma de grano seco, ajustado al 12% de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$Pf = \frac{Ph (100 - Ho.)}{(100 - Hf)}$$

Donde:

Pf= peso de los granos con humedad deseada

Ph= peso del grano con humedad actual

Hf= porcentaje de humedad deseada

Ho= porcentaje de humedad actual en los granos.

La "vainita" (2o. período) se evaluó en peso fresco de vainitas comercializables.

3.8.3.2 Producción de Biomasa Aérea.

Para estimar la biomasa producida por los cultivos agrícolas, previamente se determinó el porcentaje de fallas a los 30 días de la siembra para obtener la densidad de plantas/ha. Posteriormente se tomaron muestras de seis plantas por subparcela; para determinar el peso de tallos y hojas en la época de floración y para determinar el peso del fruto cuando las vainas estaban plenamente formadas. Las muestras fueron secadas al horno, a 80 °C durante 36 horas; luego se pesaron. La biomasa se estimó relacionando el peso

seco de las muestras con la densidad de plantas, el resultado se expresó en ton/ha.

3.8.3.3 Biomasa de malezas.

Para estimar la biomasa de malezas, se tomó una muestra de cada subparcela. La muestra se formó con la parte aérea de las malezas recolectadas en una área de $0,5 \text{ m}^2$. Cada muestra fué secada al horno a $80 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 36 horas. En base al peso seco de la muestra se estimó la producción de biomasa de malezas por subparcela, expresando el resultado en ton/ha.

3.8.4 Radiación.

Se midió la radiación solar, desde el punto de vista energético, utilizando cinco radiómetros de destilación tipo "Gunn-Bellani", dos de ellos a base de alcohol y tres a base de agua.

Cuatro radiómetros fueron distribuidos en uno de los bloques del ensayo; colocando uno en cada tratamiento principal. Un radiómetro se ubicó a pleno sol, en las vecindades del ensayo.

Durante ocho días se anotó la cantidad de agua o alcohol destilada diariamente por los radiómetros.

La lectura diaria, tomada en ml., se multiplicó por una constante, propia de cada radiómetro, para obtener el dato en $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{día}$.

3.8.5 Costos de mantenimiento de la plantación.

Los costos de mantenimiento se evaluaron sobre la base de gastos en mano de obra e insumos utilizados en cada tratamiento; a

estos gastos se restaron los ingresos percibidos por la venta de productos agrícolas. No se tomaron en cuenta los costos de administración ni de transporte.

3.9 Análisis de la Información.

Para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, se realizaron análisis de varianza utilizando dos modelos estadísticos correspondientes a los diseños de bloques al azar y bloques al azar con parcelas divididas.

El porcentaje de nutrimentos en las hojas de T. ivorensis se analizó como bloques al azar.

Los datos de diámetro basal y altura de los cultivos perennes, producción comercial y producción de biomasa de los cultivos anuales se analizaron como parcelas divididas.

Las variables altura, diámetro a la altura del pecho y diámetro de copa de la especie forestal y producción de biomasa de malezas fueron analizadas de dos maneras:

- Para comparaciones que incluyen el testigo (tratamiento A1) se empleó el diseño de bloques al azar con cinco repeticiones y cuatro tratamientos, incluyendo para el análisis únicamente a las parcelas mayores.
- Para comparaciones entre las seis asociaciones agrícolas se utilizó el diseño de parcelas divididas con cinco repeticiones (tres plantas perennes x dos asociaciones con cultivos anuales).

Los modelos estadísticos empleados en los análisis fueron los siguientes:

a) Bloques al azar: $Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$ en donde
 Y_{ij} = variable de respuesta
 T_i = efecto de la asociación agrícola
 B_j = efecto de bloques
 E_{ij} = error experimental
 U = media general

b) Parcela dividida: $Y_{ijk} = U + B_i + (TA)_j + E_{ij} + (Tb)_k + (Ab)_{jk} + F_{ijk}$ en donde:
 Y_{ijk} = variable de respuesta
 U = media general
 B_i = efecto de bloques
 $(TA)_j$ = efecto del cultivo perenne
 E_{ij} = error (a)
 $(Tb)_k$ = efecto del cultivo anual
 $(Ab)_{jk}$ = interacción: perennes x anuales
 F_{ijk} = error (b).

Para determinar las diferencias estadísticas entre los tratamientos se utilizó la prueba de "F" y la prueba DMS.

4. RESULTADOS

4.1 Especie Forestal.

4.1.1 Crecimiento en altura.

Los datos de crecimiento en altura, expresados en metros, se han obtenido por diferencia entre la primera medición, efectuada el 15 de septiembre de 1979, y la última medición, efectuada el 15 de septiembre de 1980.

En el cuadro 7 se presentan los promedios de incremento en altura para los distintos tratamientos. puede observarse en este cuadro que los mayores incrementos corresponden a los tratamientos con asociación agrícola. El mayor incremento en promedio de altura se obtuvo con el tratamiento A4 (naranja + leguminosas anuales) con 5,61 m., seguido del tratamiento A3 (cacao + leguminosas anuales) con 5,12 m.; el tratamiento A2 (café + leguminosas anuales) mostró el menor crecimiento en altura entre los tres tratamientos asociados con cultivos, con un incremento de 4,56 m. Todos los tratamientos con cultivos asociados superaron al tratamiento A1 (Terminalia ivo-
rensis sin asociación agrícola) que solo mostró un incremento de 2,46 m.

Los análisis de varianza* se presentan en el cuadro A3. Estos análisis muestran que existen diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) para el efecto de las asociaciones con cultivos perennes sobre el crecimiento en altura de la especie forestal. No hubo diferencias significativas para el efecto de los cultivos anuales y para la interacción.

* Como se indicó en el capítulo anterior, los datos de incremento en altura, DAP y diámetro de copa, se analizaron utilizando 2 diseños experimentales.

Cuadro 7. Terminalia ivorensis. Incrementos promedio de altura (m) registrados durante el período experimental y comparación de medias basada en la Diferencia Mínima Significativa (DMS).

Subparcelas	--Parcelas con cultivos--			Promedio de Subparcelas	Parcela sin cultivos A1
	A2**	A3	A4		
b1***	4,33	5,24	5,78	5,12 a*	--
b2	4,78	5,01	5,43	5,07 a	--
Promedio de Parcelas	4,56 c	5,12 b	5,61 a		2,46 d

DMS al 0,05: para factor A= 0,48; para factor b= 0,30; para interacción= 0,51; para comparaciones con A1= 0,48.

*Valores con igual letra no son estadísticamente diferentes

** A2: asociación con café; A3: asociación con cacao; A4: asociación con naranja

*** b1: asociación frijol-vainita; b2: asociación mungo-caupí.

En los cuadros 8 y A4 se presenta el crecimiento promedio acumulado en altura para los distintos tratamientos. La altura promedio alcanzada a los 2 años y 3 meses de edad fué de 8,9m. para las plantaciones asociadas con cultivos agrícolas y 4,96 m. para la plantación sin asociación agrícola.

En base a los datos del cuadro 8 se estimaron las regresiones simples entre altura promedio y tiempo en meses para cada tratamiento, cuyas ecuaciones y curvas de regresión se presentan en la figura 8. Puede notarse que el crecimiento de los tratamientos A4 y A3, muestran incrementos mayores por unidad de tiempo que A2; por otro lado, la curva de regresión para el tratamiento A1, muestra los menores incrementos de altura a través del tiempo.

4.1.2 Crecimiento en DAP.

El crecimiento en diámetro a la altura del pecho se analizó en base a los incrementos registrados durante el período de mediciones. En el cuadro 9 se presentan los incrementos promedio de DAP para los distintos tratamientos, con especificación de la DMS. Se puede observar en este cuadro que los promedios de los tratamientos con cultivos asociados registraron incrementos de 7,59, 7,30, y 7,28 cm. para A3, A4 y A2 respectivamente; las diferencias entre estos promedios no son significativas. Estos incrementos son superiores al incremento en DAP registrado en el tratamiento A1 que fué de 3.3 cm. Respecto al factor b, relativo al efecto de los cultivos anuales, se observa un incremento promedio de 7,42 cm. para la asociación frijol-vainita (b1) y 7,36 cm. para la asociación mungo-caupí (b2); las diferencias entre estos promedios no son significativas.

Los análisis de varianza para estos datos se presentan en el cuadro A3. Los análisis muestran la existencia de diferencias estadísticamente significativas, al nivel de 1% de probabilidad, para el efecto de las asociaciones. No se obtuvieron diferencias sig-

Cuadro 8. Terminalia ivorensis. Crecimiento promedio acumulado del altura (m) por parcela, de todos los tratamientos.

Fecha de Medición	Edad (meses)	Tratamientos				Promedio de A2, A3 y A4	Promedio General
		A1	A2	A3	A4		
Sept. 79	15	2,50	4,03	3,63	3,75	3,80	3,48
Diciembre	18	3,04	4,48	4,21	4,28	4,32	4,00
Febrero 80	20	3,23	4,57	4,25	4,35	4,39	4,10
Abril	22	3,04	4,56	4,21	4,36	4,38	4,04
Junio	24	3,92	6,32	6,94	6,10	6,45	5,82
Agosto	26	4,80	7,78	7,90	8,24	7,97	7,28
Sept.	27	4,96	8,59	8,75	9,36	8,90	7,92

Cuadro 9. Terminalia ivorensis. Incrementos promedio en DAP (cm) registrados durante el período experimental y comparación de medias basada en la Diferencia Mínima Significativa (DMS).

Subparcelas	--parcelas con cultivos--			Promedio de Subparcelas	Parcela sin cultivos A1
	A2	A3	A4		
b1	7,38	7,56	7,32	7,42 a	--
b2	7,18	7,62	7,28	7,36 a	--
Promedio de Parcelas	7,28 a*	7,59 a	7,30 a		3,30 b

DMS al 0,01: para factor A= 0,76; para factor b= 0,36; para interacción= 0,63; para comparaciones con A1= 0,60.

*Valores con igual letra no son estadísticamente diferentes.

nificativas para el efecto de los cultivos anuales y perennes ni para la interacción. La diferencia para el efecto de asociaciones se manifiesta únicamente en el análisis de varianza que incluye al testigo. Los tratamientos con asociación agrícola son estadísticamente iguales, según lo muestra el análisis de varianza para tratamientos con dos factores.

En los cuadros 10 y A5 se presentan los incrementos promedios acumulados del DAP para el período del ensayo. Se observa en el cuadro 10 que los tratamientos asociados alcanzaron los mayores incrementos en DAP. El promedio de crecimiento acumulado para A2, A3 y A4 fué de 11,62 cm. contra únicamente 5,56 cm. del tratamiento A1.

En base a los datos del cuadro 10 se estimó la regresión entre DAP en centímetros y tiempo en meses, cuyas ecuaciones y curvas de regresión se presentan en la figura 9. Se destaca en la gráfica, la similitud entre las curvas para los tratamientos A2, A3 y A4, que describen crecimientos diamétricos más rápidos que A1. El tratamiento A3 mostró el mayor incremento de DAP, con 0,61 cm. de incremento medio mensual mientras que el tratamiento A1 registró únicamente 0,25 cm. mensuales.

4.1.3 Crecimiento en diámetro de copa.

El diámetro de copa fué medido en dos fechas: al inicio del período experimental, en septiembre de 1979 y al final del período en septiembre de 1980

En el cuadro 11 se presentan los incrementos promedios de diámetro de copa, con especificación de la DMS. puede observarse que los mayores incrementos se obtuvieron con los tratamientos A2, A3 y A4 con 2,76, 2,97 y 2,91 m. respectivamente; estos tratamientos superaron al tratamiento A1 que solo mostró un incremento de 1,60 m.

Cuadro 10. Terminalia ivorensis. Crecimiento promedio acumulado de DAF (cm) de todos los tratamientos.

Fecha de Medición	Edad (meses)	A1	Tratamientos			Promedio de	
			A2	A3	A4	A2, A3, y A4	Promedio General
Sept. 79	15	2,26	4,50	3,98	4,21	4,23	3,74
Diciembre	18	3,50	6,00	5,80	6,00	5,93	5,28
Febrero 80	20	4,19	7,93	7,58	7,92	7,81	6,90
Abril	22	4,30	8,20	7,90	8,10	8,07	7,12
Junio	24	4,50	9,30	9,00	9,10	9,13	7,97
Agosto	26	5,20	10,80	10,80	10,70	10,77	9,38
Sept.	27	5,56	11,78	11,57	11,51	11,62	10,10

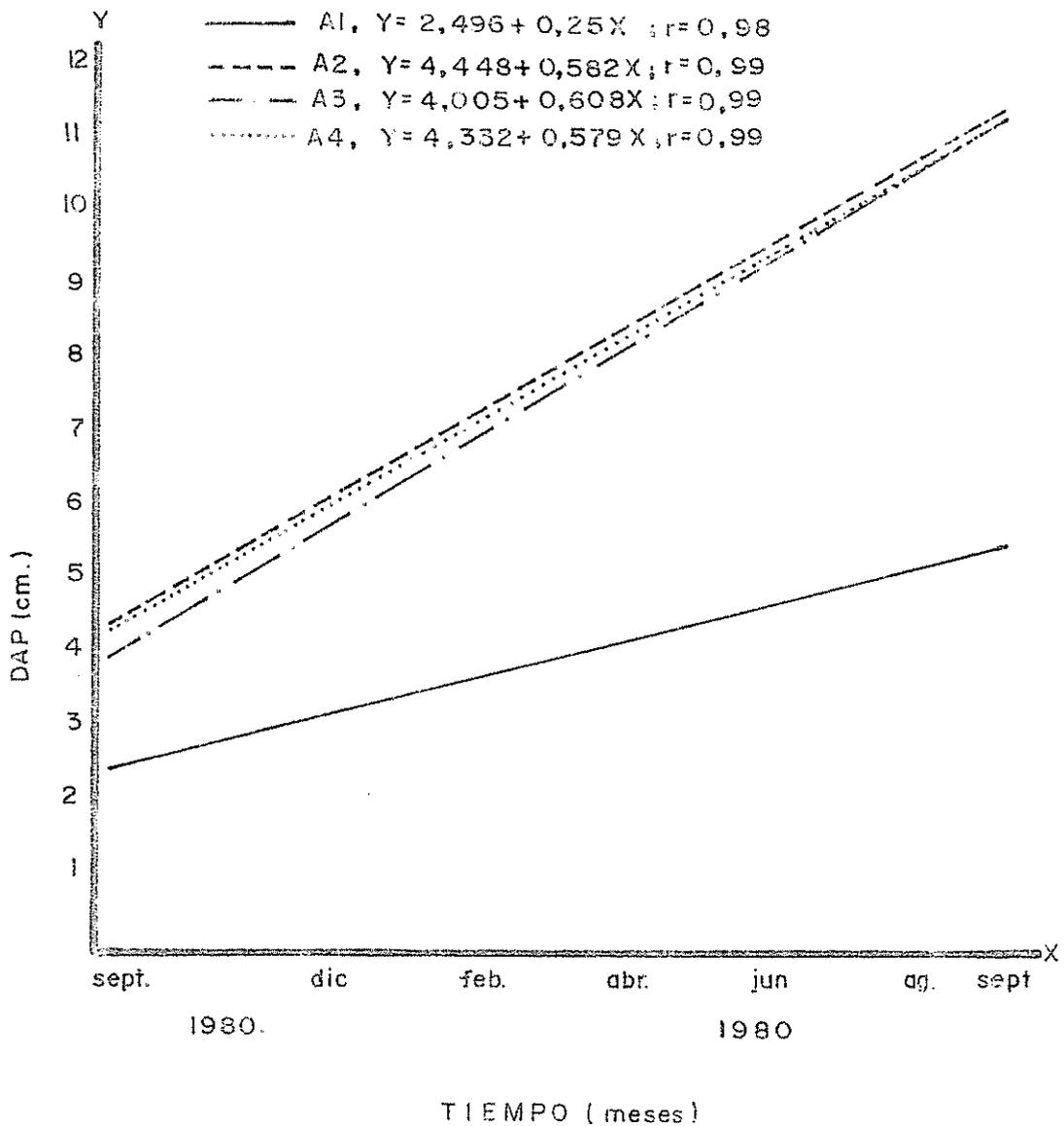


Fig 9 Terminalia ivorensis Curvas de regresión entre DAP y tiempo, para los distintos tratamientos del experimento.

Cuadro 11. Terminalia ivorensis. Incrementos promedio en diámetro de copa (m) registrados durante el período experimental y comparación de medias basada en la Diferencia Mínima Significativa (DMS).

Subparcelas	--Parcelas con cultivos--			Promedio de Subparcelas	Parcela sin cultivos A1
	A2	A3	A4		
b1	2,78	3,11	2,90	2,93 a	--
b2	2,76	2,82	2,91	2,82 a	--
Promedio de Parcelas	2,77 a*	2,97 a	2,90 a		1,60 b

DMS al 0,01: para factor A= 0,46; para factor b= 0,35; para interacción= 0,61; para comparaciones con A1= 0,34.

*Valores con igual letra no son estadísticamente diferentes.

En relación al factor b, se observa que los promedios de las parcelas asociadas con frijol-vainita (b1) fueron similares a las observadas en las asociadas con mungo-caupí (b2) registrándose un promedio 2,95 m. para b1 y 2,82 m. para b2; la diferencia entre ambas asociaciones no es significativa.

Los análisis de varianza (cuadro A5) muestran que hay diferencias significativas, al 1% de probabilidad, para el efecto de las asociaciones; no hay diferencias significativas para el efecto de los cultivos anuales ni para la interacción. La diferencia para el efecto de las asociaciones se manifiesta únicamente en el análisis de varianza que incluye al testigo. Las diferencias encontradas entre los tratamientos con asociación agrícola no son estadísticamente significativas, según el análisis de varianza para tratamientos con 2 factores.

En los cuadros 12 y A6 se presenta el crecimiento promedio acumulado de diámetro de copa. Se puede observar que los mayores diámetros se registran en los tratamientos asociados con cultivos, (A2, A3 y A4) que en promedio alcanzaron 5,41 m. contra únicamente 3,21 m. de la plantación sin asociación agrícola (A1).

4.1.4 Crecimiento del área basal.

Los datos de crecimiento en área basal, expresados en m^2/ha , se han obtenido por diferencia entre la primera medición el 15 de septiembre de 1979 y la última medición, el 15 de septiembre de 1980.

En el cuadro 13 se presenta el incremento de área basal registrado en los distintos tratamientos y se indica la DMS para comparaciones entre promedios. Comparando los promedios, se observa la similitud de crecimiento entre b1 y b2 y entre A2, A3 y A4; además, es notoria la inferioridad del tratamiento A1 con respecto a

Cuadro 12. Terminalia ivorensis. Crecimiento promedio acumulado de diámetro de copa (m).

Fecha de Medición	Edad (meses)	----- Tratamientos -----				Promedio de A2, A3, y A4	Prom. General
		A1	A2	A3	A4		
Sept. 79	15	1,61	2,59	2,44	2,52	2,52	2,29
Sept. 80	27	3,21	5,35	5,40	5,43	5,41	4,85

Cuadro 13. Terminalia ivorensis. Incrementos promedio de área basal (m^2/ha) registrados durante el período experimental y comparación de medias basada en la Diferencia Mínima Significativa (DMS).

Subparcelas	--Parcelas con cultivos--			Promedio de Subparcelas	Parcela sin cultivos A1
	A2	A3	A4		
b1	6,04	6,05	6,39	6,16 a	--
b2	6,10	6,32	5,94	6,12 a	--
Promedio de Parcelas	6,07 a*	6,18 a	6,16 a		2,05 b

DMS al 0,01: para factor A= 1,34; para factor b= 0,59; para interacción= 1,02 para comparaciones con A1= 1,07.

*Valores con igual letra no son estadísticamente diferentes.

los otros tratamientos. El mayor crecimiento en área basal se logró con el tratamiento A3 con $6,18 \text{ m}^2/\text{ha}$. comparado con el tratamiento A1 que solo logró un incremento de $2,05 \text{ m}^2/\text{ha}$. El promedio de crecimiento para los tratamientos A2, A3 y A4 fué de $6,14 \text{ m}^2/\text{ha}$, que equivale al 300% del crecimiento del área basal del tratamiento A1.

Los resultados de los análisis de varianza (cuadro A3) indican que las diferencias entre los tratamientos con asociación agrícola no son significativas; no hubo diferencias significativas ni para el efecto de los cultivos perennes (factor a) ni para el efecto de los cultivos anuales (factor b). El análisis de varianza en el que se incluye al tratamiento A1 indica que existen diferencias significativas para el efecto de las asociaciones.

En el cuadro 14 se presenta el crecimiento en área basal y el rendimiento total obtenido al final del período experimental. Se observa que los tratamientos asociados con cultivos registraron un área basal final (en septiembre de 1980) de $7,58 \text{ m}^2/\text{ha}$. en promedio, superando a la plantación sin asociación agrícola que al final del período registró solo $2,55 \text{ m}^2/\text{ha}$. Si se agrega el área basal raleada (rendimiento total) el promedio de los tratamientos que se asociaron con cultivos sube a $8,77 \text{ m}^2/\text{ha}$ contra los mismos $2,55 \text{ m}^2/\text{ha}$ de la plantación sin asociación agrícola, que no fué raleada.

4.1.5 Resultados del análisis foliar.

El contenido promedio de nutrimentos para cada tratamiento, expresado en porcentaje se presenta en el cuadro 15. Se especifica la DMS. Se observa que los contenidos de N, K y S de A2, A3 y A4 son superiores a los de A1. El contenido de fósforo de A1 es superior al de A2, A3 y A4.

Cuadro 14. Terminalia ivorensis. Crecimiento del área basal (m^2/ha) durante el periodo del ensayo, en los distintos tratamientos.

Áreas basales	-----Tratamientos-----				Promedio de A2, A3 y A4
	A1	A2	A3	A4	
Inicial (sept. 79)	0,50	1,56	1,19	1,39	1,36
Antes del raleo (mayo 80)	1,51	5,00	4,54	4,92	4,82
Raleada (mayo 80)	0,00	1,28	1,04	1,26	1,19
Después del raleo (mayo 80)	1,51	3,72	3,50	3,66	3,63
Final (sept. 80)	2,55	7,81	7,38	7,56	7,58
Rendimiento total*	2,55	9,09	8,42	8,82	8,77

* Área basal final + Área basal raleada.

Cuadro 15. Terminalia ivorensis. Promedios del contenido de nutrimentos en el follaje, expresados en porcentaje.

Treatamientos	N	P	K	Ca	Mg	S
A1	1,626 b*	0,334 a	1,178 b	1,82 a	0,998 a	0,086 b
A2	2,816 a	0,254 b	1,615 a	2,01 a	1,136 a	0,130 a
A3	3,040 a	0,270 b	1,726 a	2,24 a	1,006 a	0,136 a
A4	2,768 a	0,254 b	2,008 a	2,22 a	1,062 a	0,120 a
DMS (1%)	0,287	0,049	0,469	0,541	0,276	0,017

*Valores con igual letra no son estadísticamente diferentes.

El análisis de varianza (cuadro A7) indica que las diferencias entre tratamientos son significativas ($\alpha=0,01$) para el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre. No hay diferencias significativas para el contenido de calcio y magnesio.

No hay diferencias significativas del contenido de nutrientes entre A2, A3 y A4.

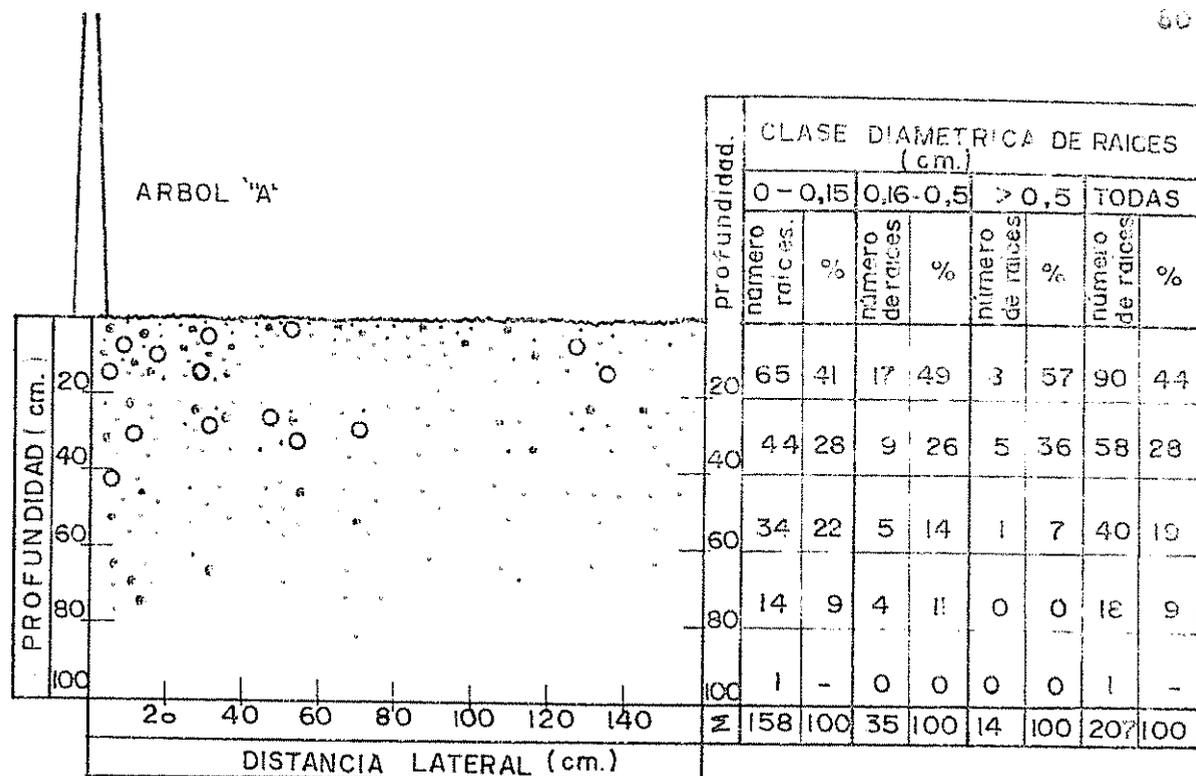
4.1.6 Distribución radical.

Los árboles seleccionados para la descripción del sistema radical al momento del estudio, presentaban las siguientes características: el árbol "A" midió 6,00 m. de altura, 8,4 cm. de DAP y 5,00 m. de diámetro de copa; el árbol "B" midió 4,3 m. de altura, 8,3 cm. de DAP y 5,20 m. de diámetro de copa.

En ambos árboles, el sistema radical se caracterizó por la existencia de una gruesa raíz pivotante o eje radicular, observada hasta 1 m. de profundidad (la profundidad máxima no se logró determinar) y de un sistema de raíces laterales que parten de la sección de la pivotante comprendida entre 0 y 80 cm. de profundidad. Estas raíces se extienden paralelas a la superficie, alcanzando una extensión lateral máxima de 3,1 metros.

La distribución de las raíces a distintas profundidades y distancias laterales se presenta en la figura 10.

Como se esperaba, el mayor número de raíces correspondió a la clase diamétrica de 0-0,15 cms., en la que se registraron 158 raíces del árbol "A" y 110 raíces del árbol "B". De estos totales, en los primeros 20 cms., el árbol "A" presentó 65 raíces (41%) y el árbol "B" 50 raíces (45%). Se observa en la figura 10 que las raíces de esta clase diamétrica son las únicas que se encuentran entre 80 y 100 cm. de profundidad; sin embargo, solo el 9% de ellas en el



- Raíces de más de 0,5 cm de diámetro.
- Raíces de diámetro entre 0,16-0,5 cm.
- Raíces con diámetro menor de 0,15 cm.

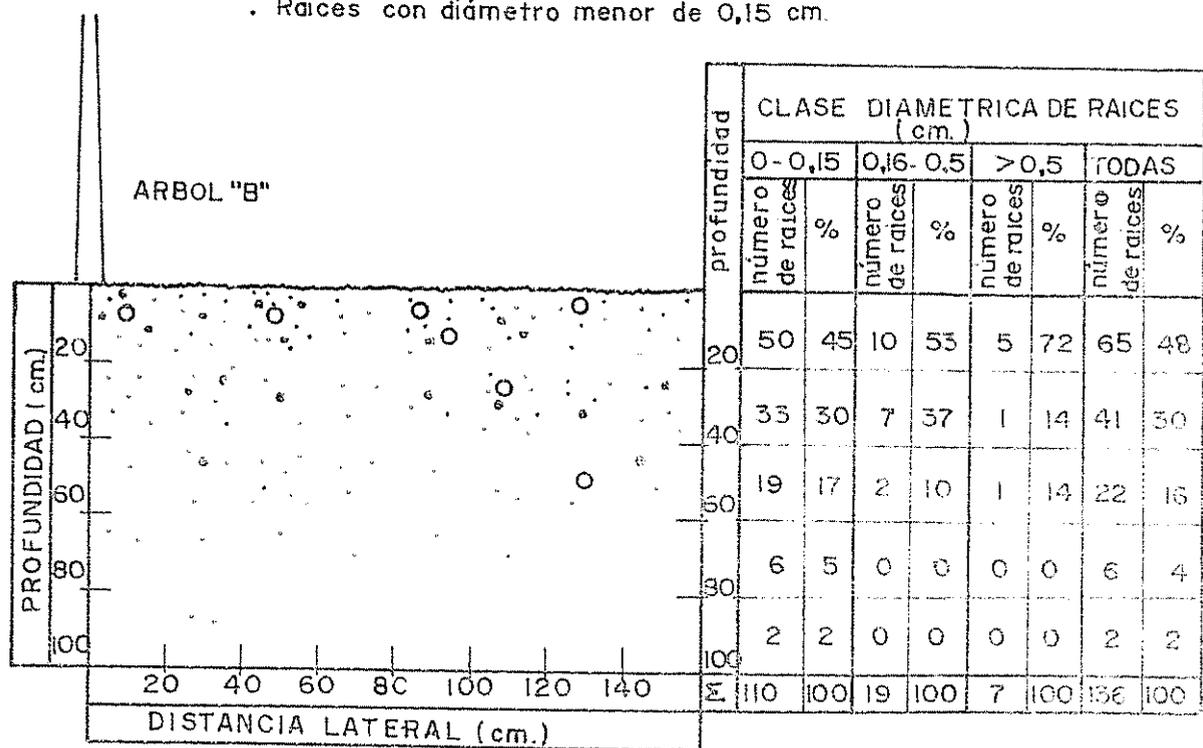


Fig. 10 *Terminalia ivorensis*. Distribución radical. Frecuencias según el diámetro y la profundidad, 1980.

árbol "A" y el 7% en el "B" se distribuyeron entre los 60 y 100 cm. de profundidad.

El número de raíces de diámetro entre 0,16 y 0,5 cm, es de 35 para el árbol "A" y 19 para el árbol "B"; de ellas, se contaron en los primeros 20 cm. 17 raíces (49%) en el árbol "A" y 10 raíces (53%) para el árbol "B". El 100% de las raíces en el árbol "B" se localizó entre 0-60 cm. y en el árbol "A" 89%; el 11% restante entre 60-80 cm.

Las raíces de diámetros mayores de 0,5 cm. están más cerca de la superficie que las de diámetros menores. En el árbol "A", de un total de 14 raíces de esta clase diamétrica, 8 raíces (57%) se distribuyeron entre 0-20 cm.; en el árbol "B", de 7 raíces en total, 5 (72%) están ubicadas entre 0-20 cm. En ambos árboles, estas raíces no sobrepasan los 60 cm. de profundidad.

En el cuadro A8 se registra el número de raíces según la distancia lateral y la profundidad.

4.1.7 Algunas observaciones realizadas en la plantación durante el período experimental.

Las características más sobresalientes detectadas mediante observaciones sistemáticas hechas durante el período experimental, se describen a continuación:

- a) defoliación: en los meses de marzo y abril, los árboles botaron todas sus hojas. La defoliación se observó en el 100% de los árboles de la plantación.
- b) tamaño y color de las hojas de Terminalia ivorensis: el follaje de los árboles de las parcelas con cultivos asociados (A2, A3 y A4) mostró marcadas diferencias, en tamaño y color, con relación al follaje de las parcelas sin asociación agrícola (A1).

Para establecer las diferencias en tamaño, en el mes de mayo, después de la defoliación, se midieron 50 hojas de 28 días de edad; 25 hojas de cada uno de los tratamientos A2, A3 y A4 y 25 hojas del tratamiento A1. Como se observa en el cuadro 16 las hojas de los tratamientos A2, A3 y A4 registraron mayor tamaño que las del tratamiento A1. La diferencia en color, que se notaba aún a cierta distancia de los árboles, se describe también en este cuadro.

Cuadro 16. Terminalia ivorensis. Tamaño promedio (cm) de las hojas de 28 días de edad.

Tratamiento	Largo	Ancho Máximo	Color
A2, A3 y A4	14,6	5,6	Verde oscuro
A1	10,0	3,6	Verde claro amarillento

- c) floración: en el mes de junio se observaron flores en 35 árboles, todos ubicados en la plantación con cultivos asociados. Todos los árboles con flores medían más de 10 cm. de DAP y en general se trataba de árboles bien conformados. No floreció ningún árbol en la plantación no asociada con cultivos.
- d) plagas de insectos: Además de los ataques de hormigas (Atta sp.) se observó otra plaga de importancia en la plantación, constituida por un insecto barrenador en estado larvario, que se introduce en el tronco de los árboles, abre galerías en la madera de éstos hasta llegar a la "médula".

la cual perfora en sentido ascendente, dejando un tunel recto en el centro del tronco, tal como se observa en la figura 11.

Las partes altas del tallo, de menor diámetro, al ser "barrenadas" en su centro por esta larva, se ven debilitadas y sufren quebraduras cuando hay vientos.

Los árboles atacados se identifican fácilmente por la presencia en el tronco del árbol, de un agujero de aproximadamente 0,5 cm. de diámetro del cual "brota" una sustancia gomosa acompañada de abundante "aserrín" el cual excreta la larva.

El ataque se produjo en 2 épocas, de marzo a abril y de julio a agosto, coincidiendo la primera infestación con el período de sequía y la segunda con la época denominada canícula, caracterizada por un período de poca lluvia más corto que el anterior. En ambos casos, aproximadamente el 10% de los árboles fué atacado, observándose 1 ó 2 larvas en cada árbol infestado.

El insecto se detectó únicamente en árboles vigorosos ubicados en las parcelas con cultivos asociados; no se detectó ningún árbol atacado en la plantación sin asociación agrícola.

La larva, mide 3 cm. de longitud en su estado más avanzado y presenta una coloración blanquesinaamarillenta, tornándose en café claro cuando avanza en edad. Debido a que no se logró obtener un insecto en estado adulto no fué posible identificar la especie. La única larva que logró mantenerse viva en el laboratorio, perforó la jaula de madera donde se encontraba y escapó, perdiéndose la oportunidad de que completara su ciclo enjaulada. Actualmente se han colocado jaulas de alambre a lo largo de 5 árboles, para obtener in situ, el insecto.

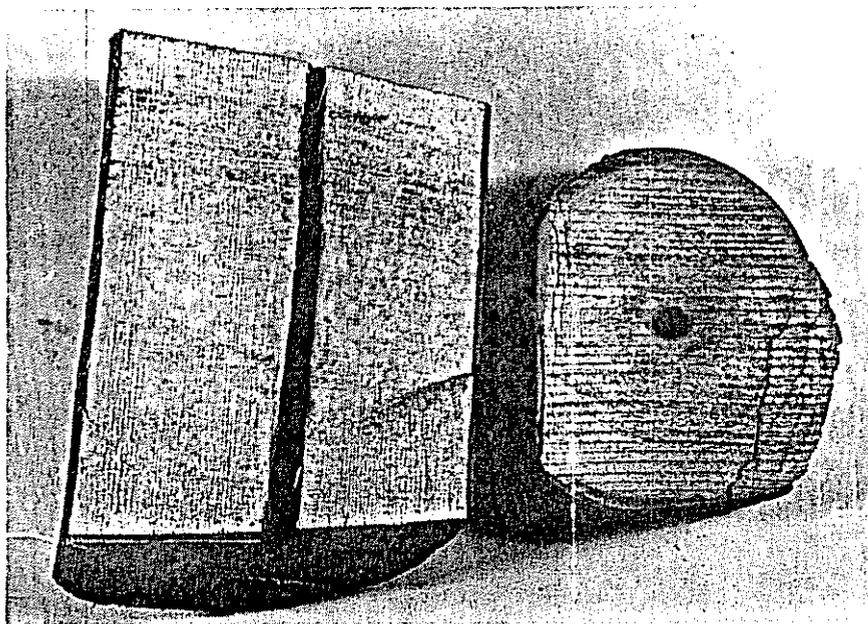


Fig. 11. Terminalia ivorensis. Secciones transversal y longitudinal del tronco mostrando el daño del insecto barrenador.

4.2 Cultivos Perennes.

4.2.1 Crecimiento en altura.

El crecimiento en altura fué determinado por diferencia entre la primera medición, el 15 de enero de 1980, y la última medición el 15 de septiembre de 1980.

En el cuadro 17, se presentan los promedios de incremento de altura de los tres cultivos perennes que crecieron bajo la sombra de T. ivorensis. Se observa que los incrementos promedio registrados para el café, cacao y naranja fueron de 12,5 cm., 25,2 y 18,5 cm. respectivamente.

Los análisis de varianza se presentan en el cuadro 19. Los resultados del análisis indican que no hubo diferencias significativas ($\alpha=0,05$) de crecimiento en altura entre los tres cultivos perennes; el análisis también indica que no hay diferencia significativa del efecto de los cultivos anuales sobre el incremento en altura de los cultivos perennes.

En el cuadro 18, se presentan los promedios de incrementos en altura de los cultivos perennes que crecieron sin asociación con Terminalia ivorensis. Los promedios en café, cacao y naranja, que son de 19, 43 y 53 cm. respectivamente, son superiores a los promedios registrados en las parcelas asociadas con T. ivorensis, indicados en el cuadro 18, en 152, 169 y 286% para café, cacao y naranja respectivamente.

4.2.2 Crecimiento en diámetro basal.

El incremento en diámetro basal se obtuvo por diferencia entre la primera medición, el 15 de enero de 1980 y la última medición el 15 de septiembre de 1980.

Cuadro 17. Incremento de altura de los cultivos perennes asociados con Terminalia ivorensis. 1980.

Cultivo anual asociado	-----Incremento de altura*-----			
	A2 Café	A3 Cacao	A4 Naranja	Promedio
Frijol-vainita (b1)	12,8	30,4	15,8	19,7
Mungo-caupí (b2)	12,2	20,0	21,2	17,8
Promedios	12,5	25,2	18,5	

* en cm.

DMS para factor A= 15,10

DMS para factor b= 10,28

DMS para interacción= 17,81.

Cuadro 18. Incremento de altura* de los cultivos perennes en las parcelas sin Terminalia ivorensis. 1980.

Cultivo	Rep.		Promedio	% de crecimiento Respecto a la asociación**
	I	II		
Café	20	18	19	152
Cacao	38	18	43	169
Naranja	53	53	53	286

* en cm.

** Crecimiento relativo respecto al cultivo que crece asociado con T. ivorensis = $\frac{\text{crecimiento del cultivo sin asociado}}{\text{crecimiento del cultivo asociado}} \times 100$.

En el cuadro 19 se presentan los promedios de crecimiento en diámetro basal de los cultivos perennes asociados con T. ivorensis, se observa que el café, cacao y naranja registraron incrementos de 1,9, de 4,5 y de 5,8 mm. de diámetro respectivamente.

El análisis de varianza para los datos de crecimiento en diámetro basal de los cultivos perennes que crecieron asociados con Terminalia ivorensis se presenta en el cuadro 19. El análisis indica que existen diferencias significativas al 1% de probabilidad, para el incremento en diámetro de los cultivos perennes. No hay diferencia significativa en relación al efecto del cultivo anual asociado.

→ En el cuadro 20 se presentan los promedios de incrementos en diámetro basal de los cultivos perennes que crecieron en las parcelas sin Terminalia ivorensis. Los promedios para café, cacao y naranja, son de 2,0, 13,0 y 11,7 mm. respectivamente. Estos promedios son superiores a los promedios registrados en las parcelas asociadas con Terminalia ivorensis, indicados en el cuadro 19, en 105% en café y 289% en cacao y naranja.

4.3 Cultivos Anuales Asociados con Terminalia ivorensis.

4.3.1 Aspectos generales.

Las leguminosas que se asociaron con Terminalia ivorensis crecieron bajo condiciones especiales en cuanto a luz y competencia radicular. La primera siembra, se realizó del 25 de noviembre de 1979 al 20 de febrero de 1980, en condiciones de pleno sombreado debido que las copas de los árboles, sembrados a 3 x 3 m. de distancia, (1,111 árboles/ha) alcanzaban un diámetro promedio de más de 3 m. El desarrollo vegetativo del frijol (Phaseolus vulgaris var. 'Turrialba 4') fué aparentemente normal y regular en toda la plantación alcanzando una altura promedio de 50 cm. en la época de floración; por el contrario, el mungo (Vigna radiata var. 'CES-NGY') mostró

Cuadro 19. Incremento de diámetro basal (mm) de los cultivos perennes asociados con Terminalia ivorensis, 1980.

Cultivo anual asociado	Inc. en diámetro basal			Promedio
	A2 Café	A3 Cacao	A4 Naranja	
Frijol - vainita (b1)	2,0	5,6	3,8	3,8
Mungo - caupi (b2)	1,8	3,4	3,8	3,0
Promedios	1,9	4,5	3,8	

DMS para factor A= 1,33; para factor b= 1,56.

Cuadro 20. Incremento en diámetro basal (mm) de los cultivos perennes en las parcelas sin Terminalia ivorensis, 1980.

Cultivo perenne	--Repeticiones--		Promedio	% de crecimiento respecto a la asociación
	I	II		
Café	1,5	2,5	2,0	105
Cacao	15,0	11,0	13,0	289
Naranja	12,5	11,7	11,7	289

un elongamiento de sus tallos desde los primeros días de crecimiento y su desarrollo fué irregular entre parcelas y dentro de una misma parcela. La altura del mungo, que apenas promedió 12 cm. fué muy variable, encontrándose plantas de 6 cm. en condiciones muy sombreadas y plantas de 50 cm. en pequeños espacios donde hubo luz solar directa.

Durante la primera cosecha, el frijol sufrió el ataque de babosas, Agroliamax sp. En el mungo no se encontraron plagas de importancia. En este mismo período de cultivos se observó la incidencia, en frijol, de las enfermedades conocidas como "telaraña (Pellicularia filamentosa (Fat) Rogers) y "Mancha angular" (Isariopsis griseola Sacc.); en el mungo se observó el ataque del hongo Cercospora vandersyti.

El segundo período de cultivo, comprendido entre el 15 de mayo y el 20 de agosto, se realizó en condiciones similares al del primer período en cuanto a sombreamiento de los árboles, ya que si bien la densidad de árboles por hectárea bajó de 1,111 a 694, el tamaño del diámetro de copa de los árboles medía más de 4 m. al momento de la siembra de los cultivos.

El caupí (Vigna unguiculata var. 'V-44') los primeros días de la germinación mostraba tallos elongados y débiles; posteriormente las plantas adquirieron un aspecto vigoroso y crecieron con apariencia normal; en la vainita (Phaseolus vulgaris var. 'Harvester'), no se observaron anomalías de crecimiento y el tamaño de plantas fué uniforme dentro de las parcelas.

Durante el segundo período, se detectó y combatió en la vainita el ataque de babosas, Agroliamax sp. que se controló con la aplicación del batosida Ortho-B. Tanto el caupí como la vainita se vieron afectados por la "vaquita" (Diabrotica sp). Se observó que la vaquita infestaba principalmente plantas que estaban en las áreas

poco sombreadas y que recibían luz directa en las horas del medio día; en las plantas más sombreadas el ataque fué muy leve o inexistente.

4.3.2 Producción comercial y producción de biomasa.

En el cuadro 21 se muestran los rendimientos promedio, en ambos períodos, de los distintos tratamientos. En el primer período, la producción de frijol que fué de 319 kg/ha, superó a la de mungo que apenas produjo en promedio 12 kg/ha. En el segundo período la producción promedio de vainita, (vainas tiernas), fué de 1 184 kgs. y la de caupí (grano seco) fué de 232 kg/ha.

Los análisis de varianza para rendimiento de los productos comerciales en el primero y segundo período de cosecha se presentan en el cuadro A10. El análisis de varianza para los productos obtenidos en la primera cosecha indica que existen diferencias significativas, al 1% de probabilidad, para el efecto del cultivo anual (factor b); no hubo diferencias significativas para el efecto de los cultivos perennes (factor A) ni para la interacción. Los análisis de varianza del rendimiento de los cultivos en el segundo período de cosecha indican que existen diferencias significativas para el efecto de los cultivos perennes sobre el rendimiento de vainita fresca (al 5% de probabilidad) y sobre el rendimiento de grano seco de caupí (al 1% de probabilidad).

Los resultados de la prueba DMS (ver cuadro A10), efectuados para los rendimientos de vainita y caupí indican que los tratamientos A2 y A3 fueron superiores al tratamiento A4.

En el cuadro 21 también se presentan los promedios de biomasa aérea, en kilogramos de materia seca por hectárea, cosechada en cada período. En el primer período de cosecha el frijol produjo más biomasa que el mungo y en el segundo período el caupí produjo más biomasa que la vainita.

Cuadro 21. Producción comercial y biomasa aérea de los cultivos anuales asociados con T. ivorensis en dos períodos de cosecha. 1979-1980.

Primer período 25/9/79 - 20/2/80

Subparcelas	Producción comercial* (kg/ha)				Biomasa aérea** (kg/ha)			
	A2	A3	A4	Promedio	A2	A3	A4	Promedio
Frijol (b1)	311	317	329	319	670	650	938	753
Mungo (b2)	9	14	14	12	240	215	207	221
Promedio	160	166	172	166	455	433	572	487

* grano seco

** materia seca.

Segundo período 15/5 - 20/8/80.

Subparcelas	Prod. comercial*** (kg/ha)				Biomasa aérea (kg/ha)			
	A2	A3	A4	Promedio	A2	A3	A4	Promedio
Vainita (b1)	1405	1204	943	1184	424	474	380	426
Caupí (b2)	247	303	146	232	1805	1702	1413	1640
Promedio	--	--	--	--	1114	1088	896	1033

*** Feso de vainas frescas, en vainita y de grano seco en caupí.

El análisis de varianza de los datos de biomasa aérea se presentan en el cuadro A10. Los análisis indican que existen diferencias significativas, al 1% de probabilidad, para el efecto de los cultivos anuales, en los dos períodos de cosecha. No hubo diferencias significativas para el efecto de los cultivos perennes y para la interacción.

4.4 Biomasa de Malezas.

El muestreo de biomasa de malezas se hizo en dos ocasiones que coincidieron con los períodos de cosecha de los cultivos anuales. El primer muestreo se hizo en febrero y el segundo en agosto.

Los datos y los análisis de varianza se presentan en el cuadro A11. En ambos muestreos, los análisis de varianza realizados para los tratamientos con asociación agrícola, indican que no hay diferencias significativas entre los distintos tratamientos asociados. Los análisis de varianza que incluyen al testigo, indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En el cuadro 22 se presentan los promedios de biomasa aérea, registrados en las dos fechas de muestreo. Se observa que en el tratamiento A1 se produjo la mayor cantidad de biomasa de malezas en ambas fechas de muestreo.

El promedio general de biomasa de malezas, en la primera fecha fué de 2,669 kg/ha; en la segunda fecha bajó a 946 kg/ha. La reducción en la cantidad de biomasa de malezas se manifestó en todos los tratamientos.

Se observó que en los tratamientos asociados con cultivos, predominaron las malezas de hoja ancha, mientras que, en la plantación sin asociación agrícola, (tratamiento A1) crecieron casi exclusivamente las gramíneas conocidas como "pasto guinea" (Panicum maximum) y "Napier" (Pennisetum purpureum).

Cuadro 22. Promedios de biomasa aérea de malezas expresada en kg/ha de materia seca en la plantación de T. ivorensis para los distintos tratamientos.

Primer muestreo (febrero 1980)

Subparcelas	-- parcelas con -- cultivos			Promedio de Subparcelas	parcela sin cultivos A1
	A2	A3	A4		
b1	141	355	238	245	--
b2	163	224	451	279	--
Promedio de Parcelas	152	290	343		9892

Segundo muestreo (agosto 1980)

Subparcelas	--Parcelas con-- cultivos			Promedio de Subparcelas	Parcela sin cultivos.
	A2	A3	A4		
b1	59	160	142	120	--
b2	83	203	152	146	--
promedio de Parcelas	71	181	147		3338

4.5 Radiación.

Los datos de radiación solar, en calorías/cm²/día, que penetra en las parcelas, a 1 m. de la superficie (altura de los radiómetros) se presentan en el cuadro 23; se indica la radiación fuera de las parcelas, a pleno sol, y se da el porcentaje relativo de cada tratamiento, respecto a esta. Se puede observar en este cuadro que la radiación que llega debajo de los árboles va de 58 a 119 cal/cm²/día en los tratamientos A2, A3 y A4, mientras que en el tratamiento A1 la radiación es de 297 cal/cm²/día; a pleno sol alcanza 380 cal/cm²/día. En el cuadro A12 se presentan las lecturas diarias registradas en cada radiómetro.

4.6 Costos de Mantenimiento.

Para establecer los costos de mantenimiento de las plantaciones, se calcularon los egresos por concepto de mano de obra e insumos utilizados en cada uno de los siete tratamientos establecidos (ver cuadros A13 y A14). A la vez, se calcularon los ingresos brutos, obtenidos por la venta de productos agrícolas, (ver cuadro A15). El costo de mantenimiento se obtuvo por diferencia entre los egresos y los ingresos brutos; en los tratamientos donde los ingresos superaron a los egresos el resultado de esta diferencia fué negativo y se consideró como ganancia (ver cuadro 24).

En el presente estudio solo se consideraron los costos de mano de obra e insumos utilizados durante el período experimental (sept. 1979-sept. 1980). No se tomaron en cuenta los costos fijos, tales como el alquiler del terreno, intereses de capital y gastos de administración. Debido a que en un año no se puede evaluar la producción de los cultivos perennes, en los costos no se incluye el precio de las plantitas sembradas; sin embargo sí se incluyen los costos de plantación tales como apertura de hoyos y siembra, y los costos de mantenimiento correspondientes a fertilización y aplicación de plaguicidas porque se consideró que estas labores afectaron directamente el rendimiento de los cultivos anuales y el crecimiento de la especie forestal.

Cuadro 23. Radiación promedio* registrada en las parcelas de Terminalia ivorensis comparada con la radiación a pleno sol. 1980.

Tratamiento	Radiación ^{1/}	% ^{2/}	% de Intercepción
pleno Sol	380	100	0
A1	297	78	22
A2	119	31	69
A3	58	15	85
A4	96	25	75

1/ En calorías/cm²/día

2/ Porcentaje relativo a la radiación obtenida a pleno sol

* Promedio de ocho días.

Cuadro 24. Resumen de ingresos y egresos en colones en los diferentes tratamientos, referidos a una hectárea de plantación forestal de T. ivorensis entre sept. 79 y sept. 80.

Concepto	Tratamientos			
	A1	A2b1	A2b2	A3b1 A3b2 A4b1 A4b2
<u>Ingresos</u>				
Venta de productos agrícolas	---	9202,00	1536,00	8239,00 1902,00 7018,00 900,00
<u>Egresos</u>				
Mano de obra	1062,60	5768,40	5543,00	4489,60 4264,20 4388,40 4163,00
Insumos	20,00	2009,70	1937,74	1433,94 1361,94 1015,44 943,44
Costos de mantenimiento (Egresos-ingresos)	1082,60	---	6342,39	---
Ganancia (Ingresos-egresos)	---	1423,90	---	2315,46 1614,16 ---
Ingreso familiar* (Ingreso-valor de los insumos)	---	7192,30	---	6805,06 540,06 6002,56 16,56

* No se toma en cuenta el costo de mano de obra porque se considera que trabajan los componentes del grupo familiar.

Además de los ingresos por la venta de productos agrícolas, durante este período se obtuvieron ingresos por la venta del producto del raleo efectuado en el mes de mayo (ver cuadro A16). Este ingreso no se tomó en cuenta porque su producción involucra gastos de plantación y mantenimiento efectuados con anterioridad al período experimental.

En el cuadro 24 se presentan los costos de mantenimiento o las ganancias por hectárea, obtenidas durante el año, en los siete tratamientos. Se observa que los tratamientos donde se cultivó frijol seguido de vainita (b1) registraron ganancias de ₡1 423,9 ₡2 315,46 y ₡1 614,16 para A2, A3 y A4 respectivamente. Los tratamientos donde se cultivó mungo seguido de caupí registraron costos de mantenimiento de ₡6 342,39, ₡4 030,05 y ₡4 445,09 para A2, A3 y A4 respectivamente. El costo de mantenimiento del tratamiento A1 (testigo) fué de ₡1 062,60.

Se calculó el ingreso neto familiar (ingreso total-costos de insumos), en el cual no se incluye el costo de la mano de obra empleada. Con el tratamiento de Terminalia ivorensis asociado con café y frijol seguido de vainita (A2b1) se logró el máximo ingreso neto familiar, de ₡7 192,4/ha.

5. DISCUSION

5.1 Comportamiento de la Especie Forestal.

5.1.1 Crecimiento.

Los tratamientos estudiados influyen notablemente sobre el crecimiento de T. ivorensis, pues las diferencias en DAF, altura, diámetro de copa y área basal fueron grandes; estas diferencias se hacen más notorias cuando se compara el crecimiento de las plantaciones asociadas con el de las no asociadas. En la figura 12, elaborada con datos de los cuadros 7, 9, 11 y 13, se observa que la altura, el DAF, el diámetro de copa y el área basal de la plantación agrícola registraron crecimiento de 207%, 224%, 180% y 299% respectivamente, en relación con la plantación sin asociación. Los efectos benéficos de la asociación con cultivos sobre el crecimiento de T. ivorensis han sido observados por otros autores, tanto en plantaciones (40) como en parcelas experimentales (46).

→ Los factores que contribuyeron al mejor crecimiento de las plantaciones asociadas con cultivos fueron, probablemente, la menor competencia de malezas, la fertilización de los cultivos perennes y el aporte de nitrógeno al suelo por las leguminosas anuales.

El efecto de la competencia de malezas es evidente si se considera que el tratamiento sin asociación agrícola, que registró el más bajo nivel de crecimiento, sostuvo la mayor carga de biomasa de malezas. La relación entre la biomasa de malezas que se produjo en la plantación sin asociación y la biomasa producida, en promedio, por las plantaciones asociadas con cultivos, fué de aproximadamente 38:1 en el primer muestreo y de 25:1 en el segundo muestreo. Según Magne (46) T. ivorensis es sensible a la competencia de malezas, especialmente de gramíneas; esto concuerda con los resultados observados en este estudio, pues además de sostener más biomasa, en la plantación sin asociación agrícola predominaron las malezas gramíneas.

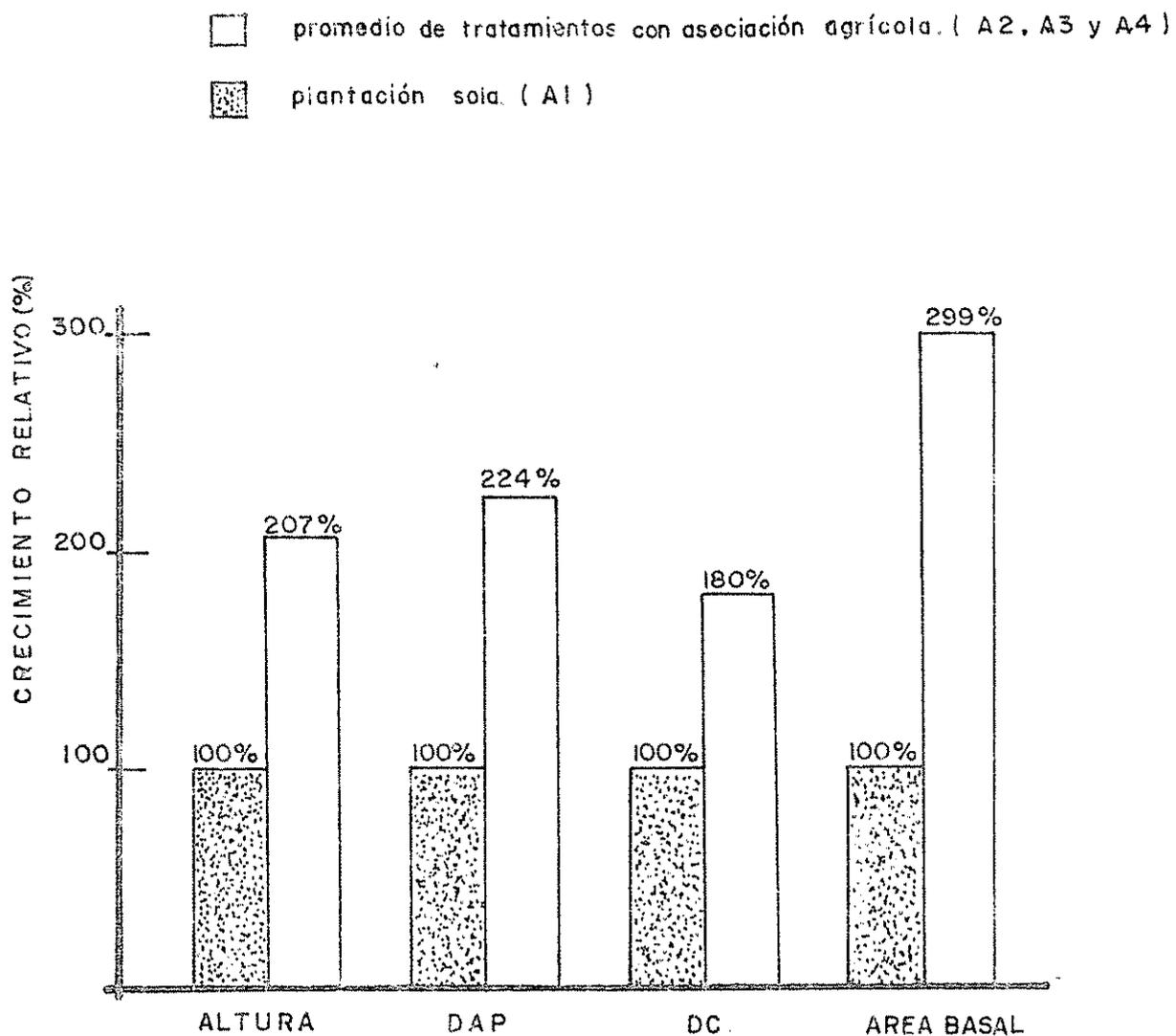


Fig. 12 Crecimiento relativo de Terminalia ivorensis asociada con cultivos respecto a la plantación sola.

Probablemente, la fertilización de los cultivos perennes favoreció el crecimiento de la especie forestal en las plantaciones asociadas con cultivos; la plantación sin asociación agrícola no fué fertilizada. Sin embargo, el efecto benéfico de la fertilización no fué muy grande, pues el crecimiento de los árboles en las parcelas con asociación agrícola no estuvo correlacionado positivamente con las distintas dosis de fertilizantes que se aplicaron a los tratamientos asociados con cultivos. Las dosis totales de fertilizantes en los tratamientos A2 (asociación con café), A3 (asociación con cacao) y A4 (asociación con naranja) fueron de 480, 336 y 165 kg/ha. respectivamente; sin embargo, los promedios de los incrementos en DAP, diámetro de copa y área basal no fueron estadísticamente diferentes en las tres asociaciones y los promedios de altura de las plantaciones asociadas con naranja y con cacao superaron al promedio de altura de la plantación asociada con café. En adición a estos resultados se debe agregar que parte del fertilizante no estuvo al alcance de las raíces de T. ivorensis, puesto que este fué aplicado junto a los cultivos perennes, precisamente en los lugares donde las raíces del árbol fueron cortadas cuando se abrieron los agujeros para plantar dichos cultivos.

Respecto a la fertilización en plantaciones asociadas con cultivos, Muñoz (50) cita que en laurel (Cordia alliodora) asociado con maíz, la fertilización ejerció efectos duraderos sobre el crecimiento inicial de los arbolitos. Aguirre (2) trabajando con Eucalyptus deglupta asociado con maíz reporta efectos favorables de la fertilización sobre el crecimiento inicial de la especie forestal; sin embargo, se debe indicar que, en ese caso, se aplicaron altas dosis de fertilización tanto a los cultivos anuales como a los arbolitos.

Comparando los tratamientos de plantaciones asociadas se observa que la plantación asociada con naranja presenta los mayores incrementos en altura con 5,61 m. seguido de la plantación asociada con cacao con 5,12 m; la plantación asociada con café registró úni-

camente 4,56 m. Posiblemente estas diferencias se debieron al daño causado en las raíces cuando se abrieron los agujeros para plantar los cultivos perennes. Para plantar café se abrieron el equivalente a 10,000 agujeros/ha, ocasionando el mayor daño a las raíces, para cacao se abrieron 1,111 agujeros/ha y para naranja únicamente 555 agujeros/ha; esto indica que el crecimiento en altura se redujo a medida que se aumentó la poda de las raíces del árbol, existiendo una correlación inversa* entre el número de agujeros (x) y el incremento en altura (Y). La importancia de la apertura de los agujeros (de 30 cm. de profundidad) como factor de perturbación radical es evidente, si se toma en cuenta que, según los resultados del estudio radical mostrados en la figura 10 del capítulo anterior, aproximadamente el 55% de las raíces de T. ivorensis se encuentran a profundidades menores de 30 cm.

Aparentemente, la poda que se efectuó en los árboles de las parcelas asociadas con cultivos, que redujo aproximadamente el 50% del follaje de los árboles, no tuvo efectos adversos sobre el crecimiento de la plantación.

El crecimiento de T. ivorensis fué similar en las dos asociaciones con cultivos anuales probadas (frijol-vainita (b1)) y mungo-caupí (b2). Las labores culturales realizadas en ambas subparcelas fueron similares, lo que fué determinante en el crecimiento uniforme de la especie forestal.

El crecimiento en altura durante el año siguió un ritmo distinto al del crecimiento en DAP; el crecimiento en altura siguió una curva exponencial, mientras que el crecimiento en DAP fué rectilíneo. El crecimiento en altura en el período septiembre 79-abril 80 fué lento comparado con los incrementos alcanzados en el período

*
 $Y = 8,40(x)^{-0,067}$; $r = -0,975$.

abril 80-septiembre 80. Esto puede relacionarse con la precipitación observada durante el año, que fué menor en el período septiembre 79-abril 80. Es notorio que los árboles detuvieron totalmente su crecimiento en altura en los meses de marzo y abril, que fueron los más secos. Por el contrario, el crecimiento en diámetro fué constante durante el año, logrando incrementos mensuales constantes de aproximadamente 0,25, 0,58, 0,61 y 0,58 cm. para A1, A2, A3 y A4 respectivamente.

El crecimiento de T. ivorensis en las parcelas asociadas con cultivos puede calificarse como rápido si se le compara con el crecimiento alcanzado por esta especie en otros países. En el cuadro 25 se muestra el incremento medio anual de T. ivorensis alcanzado en parcelas de edades entre 2 y 3 años, comparado con el crecimiento alcanzado en el presente ensayo. El incremento medio anual (IMA) a los 2,25 años en las parcelas asociadas con cultivos (A2, A3 y A4) fué de 3,95 m. de altura y 5,16 cm. de DAP; este crecimiento es superior al de los otros sitios mostrados en el cuadro 25. Por otro lado, el incremento medio anual de T. ivorensis plantada sola (A1), que fué de 2,2 m. de altura y de 2,47 cm. de DAP, es inferior en diámetro al de todos los demás sitios indicados en dicho cuadro y solo supera en altura al de Sabah (69). Esto muestra que, por efecto de la asociación con cultivos, se logró un crecimiento rápido, en un sitio donde una plantación convencional (sin asociación agrícola) tuvo un crecimiento relativamente lento.

5.1.2 Análisis foliar.

El contenido foliar de nutrientes también fué influenciado por los tratamientos aplicados. El contenido de nitrógeno, potasio y azufre en las parcelas con asociación agrícola fué superior al de las parcelas sin asocio, mientras que el contenido de fósforo por el contrario, se registró en mayor concentración en las parcelas sin asociación agrícola. Probablemente, el menor contenido de nitrógeno,

Cuadro 25. Terminalia ivorensis. Incremento medio anual en altura y DAP obtenido en parcelas de 2 a 3 años de edad.

Lugar	Edad años + meses	IMA		Observaciones	Referencia
		Altura (m)	DAP (cm)		
Turrialba, Costa Rica*	2+3	3,95	5,16	Asociada con cultivos, parcelas experimentales	Este estudio
Costa de Marfil	2+6	3,7	4,2	La mejor procedencia de un ensayo	17
Fiji	3+0	3,0	-	Ensayo de introducción de especies	39
Surinam	2+6	2,2	2,8	parcelas experimentales	77
Sabah	2+1	1,8	2,7	parcelas experimentales	69
Turrialba, Costa Rica**	2+3	2,2	2,47	Plantada sola, en parce- las experimentales	Este estudio

* Corresponde al promedio de los tratamientos A2, A3 y A4 del presente estudio

** Corresponde al promedio del tratamiento A1.

potasio y azufre en la plantación sin asociación se debió a la alta competencia que ejercieron las gramíneas por la absorción de estos nutrimentos, pues tanto estas como la especie forestal tienen raíces superficiales y compiten en el mismo espacio de suelo por nutrimentos y agua. Aunque el contenido de fósforo, en porcentaje, fué mayor en el tratamiento sin asociación agrícola, no se puede inferir que el fósforo haya sido absorbido en mayor cantidad en ese tratamiento porque las hojas y las copas de los árboles fueron más pequeñas que las de los tratamientos con asociación agrícola. Aún presentando menores concentraciones, debido a la mayor cantidad de biomasa foliar, en las plantaciones asociadas con cultivos el fósforo pudo haber sido absorbido en iguales o mayores cantidades que en la plantación sola.

— Los contenidos de nitrógeno, potasio y azufre estuvieron positivamente correlacionados con el crecimiento en altura, DAP y diámetro de copa; el contenido de fósforo tuvo una correlación negativa con estas tres variables. En el cuadro 26 se presentan los coeficientes de correlación respectivos. Lamb (41), trabajando en Nueva Guinea con *E. deglupta*, encontró resultados similares que mostraron que el contenido de nitrógeno foliar está positivamente correlacionado con el crecimiento de los árboles, mientras que la correlación entre el contenido de fósforo y el crecimiento es negativa (41).

Cuadro 26. *Terminalia ivorensis*. Coeficientes de correlación simple entre el porcentaje de algunos nutrimentos en las hojas y el crecimiento de los árboles (n=20).

Nutrimento	Altura	DAP	DC
Nitrógeno	0,93	0,99	0,99
Fósforo	-0,92	-0,95	-0,93
potasio	0,98	0,87	0,90
Azufre	0,87	0,97	0,95

El contenido de los nutrimentos analizados (N, P, K, Ca, Mg y S) puede considerarse alto comparado con los resultados de otros estudios, efectuados con T. ivorensis (9) y con otras especies forestales (19,41).

5.1.3 Distribución radical.

→ El sistema radical de T. ivorensis, de acuerdo con los resultados del estudio, puede considerarse como superficial. Las raíces más gruesas que constituyen los ejes principales del sistema, (mayores de 0,5 cm.) se presentan únicamente entre 0 y 60 cm. de profundidad y en los primeros 20 cm. de suelo se encontraron del 57 al 72% de dichas raíces.

Comparando los sistemas radicales de los dos árboles estudiados, se observa que el árbol "A" que midió 6 m. de altura, presenta mayor número de raíces que el árbol "B", que midió 4,3 m. de altura. El menor desarrollo radical del árbol "B" probablemente estuvo relacionado con el mayor número de rocas que se observaron en el perfil de suelo y que dificultaron el crecimiento de las raíces. La distribución de las raíces fué similar en ambos árboles.

→ La distribución radical observada coincide con las descripciones hechas por Lamb (40) y Neef (51) que califican al sistema radical de T. ivorensis como extenso y superficial. La disposición superficial de las raíces de esta especie parece estar relacionada con el efecto negativo que ejercen las gramíneas, sobre el crecimiento de los arbolitos, pues ambos sistemas radicales ocupan las mismas capas de suelo.

Al asociar T. ivorensis con cultivo, la competencia radical de las malezas es sustituida por la competencia radical de las especies cultivadas; esta competencia es menor que la de las malezas.

Además, la distribución espacial ordenada del sistema radical de los cultivos (en hileras) permite que las raíces de los árboles ocupen espacios libres de competencia, mientras que las malezas ocupan toda el área ejerciendo una competencia fuerte y uniforme en toda la zona.

5.2 Crecimiento de los Cultivos Perennes.

El crecimiento de los cultivos perennes fué medido en función del incremento en altura y diámetro basal del tronco durante un período de 8 meses. Estas variables han sido utilizadas en otros estudios con diversos cultivos perennes y han constituido una medida satisfactoria del vigor del árbol (5,6,47). En varias especies se han buscado correlaciones entre el crecimiento temprano de las plantas y su futura capacidad de producción. Beaumont (8) encontró una fuerte correlación entre el crecimiento en diámetro y en altura del tallo y la producción de granos del cafeto; Mariano (47) y Glendinning (27) citan que los rendimientos del cacao están positivamente correlacionados con la tasa de incremento del diámetro del tronco antes del período productivo de los árboles.

El crecimiento de los cultivos perennes fué similar en las dos asociaciones con leguminosas anuales; debe recordarse que este resultado también se obtuvo con respecto al crecimiento de la especie forestal.

De los tres cultivos perennes asociados con T. ivorensis, el cacao registró el mejor crecimiento durante el período. Sin embargo, en los tres cultivos, el crecimiento fué muy lento si se compara con el crecimiento alcanzado por los cultivos en las parcelas sin asociación forestal. El crecimiento relativo de los cultivos asociados, con respecto al no asociado se presenta en el cuadro 27. En este cuadro se observa que el cultivo que menos se adaptó a la asociación fué la naranja que solo creció un 35% del diámetro y la altura alcanzada por la plantación de naranja sin asociación. En café, las

diferencias entre la plantación asociada y no asociada fueron menores que en los otros dos cultivos. Sin embargo, debe mencionarse que en ambos casos (asociado y no asociado) la plantación mostraba un aspecto raquítico, registrando muy bajo crecimiento.

Cuadro 27. Crecimiento relativo, en por ciento, del café, cacao y naranja asociados con T. ivorensis con respecto al crecimiento de los tres cultivos en las parcelas sin asociación forestal.

Cultivo	Diámetro basal	Altura
Café	95%	66%
Cacao	35%	59%
Naranja	35%	35%

Las diferencias entre el cacao asociado y el no asociado fueron notorias. Puede observarse en el cuadro 27 que la plantación asociada solo creció 35% en diámetro basal y 59% en altura con respecto a la plantación sin asociación forestal. La diferencia promedio de incrementos en diámetro basal entre ambas plantaciones fué de 0,85 cm. en un período de 8 meses, (si la diferencia aumentara en forma lineal en un año sería de 1,3 cm.). Glendinning (27), trabajando con diferentes variedades de cacao, encontró que una diferencia de 1,2 cm. por año en el crecimiento del diámetro del tronco, equivalía a una diferencia en rendimiento de 1,800 kg/ha. de cacao seco por año. Esto puede dar una idea de la significancia de las diferencias de crecimiento en relación a la producción futura.

El lento crecimiento de los cultivos perennes asociados con T. ivorensis, puede relacionarse con la poca luminosidad que llegó a los cultivos, debido a que las copas de los árboles interceptaban altos porcentajes de la radiación solar. Otro factor limitante para el crecimiento de los cultivos perennes fué, posiblemente la competencia radical; el sistema radical de T. ivorensis, al momento de sembrar los cultivos perennes ya alcanzaba un desarrollo considerable, impidiendo el desarrollo radical de los cultivos en los espacios ocupados previamente por sus raíces. Mayores espaciamientos de la especie forestal y siembra simultánea de los cultivos perennes y el árbol, podrían favorecer el desarrollo de dichos cultivos.

5.3 Rendimiento de los Cultivos Anuales.

Los rendimientos de biomasa y productos comerciales fueron muy bajos comparados con otros resultados obtenidos en la zona (20,35,46, 61). Los bajos rendimientos estuvieron influenciados, principalmente, por el sombreamiento provocado por los árboles y por la baja condición de fertilidad del suelo. El mayor sombreamiento fué provocado por las copas de los árboles, las cuales durante el segundo período de cultivos alcanzaron un diámetro promedio de más de 5 m.; a la densidad existente en la plantación forestal (694 árboles/ha), las copas alcanzaron a cubrir casi toda el área sembrada con cultivo.

En el primer período, las producciones de biomasa y grano de frijol superaron a las del mungo cuya producción fué casi nula. Probablemente, la menor productividad del mungo se debió a que fué más susceptible que el frijol a condiciones de baja luminosidad; el efecto del sombreamiento en el mungo se evidenció por el elongamiento de sus tallos y porque el crecimiento en las áreas más iluminadas de cada parcela fué mayor que en las áreas más sombreadas.

En el segundo período, el caupí produjo más biomasa aérea que la vainita, pero se debe considerar que, por tener un ciclo más largo la biomasa del caupí fué tomada a los 65 días de la siembra, mien-

tras que la biomasa de la vainita fué tomada a los 35 días de sembrada. Las producciones comerciales de ambos cultivos no pueden compararse por su peso porque el caupí fué cosechado en grano seco y de la vainita se cosechó el fruto tierno. La producción comercial y la de biomasa de los tratamientos A2 (T. ivorensis + café) y A3 (T. ivorensis + cacao) superó a la del tratamiento A4 (T. ivorensis + naranja); esta diferencias probablemente se debieron a que la fertilización que se aplicó a los cultivos perennes en ese período (mayo) fué mayor y más distribuida en A2 y A3, lo que permitió a los cultivos anuales aprovechar algo de ese fertilizante. Debe recordarse que no se realizó ninguna fertilización dirigida a los cultivos anuales.

5.4 Competencia por Malezas.

En contraste con el tratamiento A1 (plantación sola) el crecimiento de las malezas en las plantaciones asociadas con cultivos fué bastante pobre, debido a la competencia especialmente por luz, de los cultivos anuales, de los cultivos perennes y de la especie forestal. Debido a esto, solo fueron necesarios dos deshierbes durante el período experimental.

El crecimiento de las malezas en la plantación sin asociación agrícola, estuvo favorecido por la mayor luminosidad que dejaba pasar la especie forestal, cuyas copas estaban menos extendidas y densas que las de los tratamientos con asociación agrícola. Además el control de malezas en la plantación sin asociación se realizó con machete, sin remoción del suelo, lo que permitió una recuperación más rápida de las malezas.

La reducción de la biomasa de malezas ocurrida en el segundo período fué ocasionada por el crecimiento de las copas de los árboles que redujo la incidencia de luz sobre las malezas.

5.5 Consideraciones Económicas.

El costo de mantenimiento de las plantaciones es distinto para cada tratamiento, según se observa en el cuadro 24. Los egresos por concepto de mano de obra e insumos son menores en el tratamiento A1 (plantación sola). En este tratamiento, los egresos constituyen el costo de mantenimiento, porque la plantación no produjo ningún ingreso. En las asociaciones con frijol seguido de vainita, los ingresos por la venta de las cosechas compensaron a los egresos y produjeron ganancia. Las mejores ganancias se registraron con el tratamiento A3 (asociación con cacao).

En las asociaciones con mungo seguido de caupí, los ingresos fueron muy bajos y no alcanzaron a cubrir los egresos; esto dió como resultado costos de mantenimiento muy elevados, superiores a los del tratamiento A1 en 526%, 372 y 410% respectivamente para A2 (asociación con café), A3 (asociación con cacao) y A4 (asociación con naranja).

Aunque los egresos fueron mayores en las asociaciones que incluyeron frijol seguido de vainita, estas resultaron más convenientes que las asociaciones con mungo seguido de caupí, porque los ingresos fueron también mayores. Los ingresos por la venta de mungo y caupí fueron menores debido a la baja producción del mungo y al menor precio de ambos productos en el mercado.

Los mayores egresos corresponden a gastos por mano de obra. Si la mano de obra proviene de los componentes del grupo familiar, los únicos gastos se realizan por la compra de insumos. En consecuencia se calculó el ingreso familiar (ingresos-valor de los insumos) para cada tratamiento. Los mayores ingresos se percibieron con las asociaciones que incluyen frijol seguido de vainita, de estas el menor ingreso se logró con el tratamiento A4.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

1. El crecimiento de Terminalia ivorensis fué favorecido por las asociaciones con cultivos incluidas en el presente estudio.
2. El incremento medio anual (IMA) en altura y DAP de la plantación de T. ivorensis asociada con cultivos puede considerarse alto en comparación con el crecimiento alcanzado por esta especie en otros países, en tanto que el IMA en altura y DAP de la plantación sin asociación agrícola es comparativamente bajo.
3. Las dos asociaciones de cultivos anuales probadas no difirieron en su efecto sobre el crecimiento de la especie forestal y de los cultivos perennes.
4. La asociación con T. ivorensis, con el arreglo espacial y a las densidades que se mantuvieron durante el presente estudio, redujo el crecimiento de los tres cultivos perennes asociados.
5. El sistema radical de T. ivorensis a los dos años de edad es extenso y superficial. En los dos árboles estudiados la extensión lateral máxima fué mayor de 3 metros, el 44% y el 48% de las raíces se encontraron entre 0-20 cm. de profundidad y el 72% y el 78% se encontraron entre 0-40 cm.
6. El incremento en altura de T. ivorensis se redujo por la poda que se ocasionó en sus raíces cuando se plantaron los cultivos perennes.
7. El rendimiento de los cultivos anuales que se asociaron con T. ivorensis fué bajo en relación a otros rendimientos registrados en la zona de Turrialba. Los cultivos que se adaptaron mejor a la asociación con T. ivorensis fueron el frijol, la vainita y el caupí. El mungo se mostró intolerante a las condiciones de esa asociación.

8. La siembra de frijol seguido de vainita asociada con T. ivorensis y café, cacao o naranja, bajo las condiciones en las que se realizó el ensayo, permiten obtener ingresos que cubren los costos de mantenimiento de la plantación durante el segundo año de establecimiento y dejan ganancias.

Recomendaciones:

Para futuros trabajos de investigación que se realicen con T. ivorensis asociada con cultivos, en base a los resultados de este trabajo, se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

1. Se deben probar densidades menores que las utilizadas en este estudio para T. ivorensis y buscar arreglos espaciales que permitan mayor paso de luz a los cultivos; con esto se logrará también una menor competencia radical interespecífica.
2. Establecer los cultivos perennes durante el primer año de la plantación forestal, a fin de que los sistemas radicales de ambos, cultivos y árboles, tengan iguales oportunidades de ocupar los espacios de suelo disponibles, así se lograría evitar el daño que puede causarse a las raíces de los árboles al plantar los cultivos perennes.
3. Se deben incluir en las asociaciones, especies agrícolas que tengan sistemas radicales profundos, para reducir la competencia radical con T. ivorensis.
4. Incluir como testigos, dentro de los tratamientos, a cada componentes de las asociaciones en monocultivo.

7. BIBLIOGRAFIA CITADA

1. AGUIRRE ASTE, V. Estudio de suelos del área del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 138 p.
2. AGUIRRE, C. Comportamiento inicial de Eucalyptus deglupta. Blume, asociado con maíz (Sistema Taungya) en dos espaciamientos, con y sin fertilización. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1977. 130 p.
3. ALVIM, F. de T. potencial de la producción agrícola en la región amazónica. In Tergas, L. y Sánchez F. Eds. Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Cali, CIAT, 1978. pp. 17-28.
4. ANNIN-BONSU, B. The use of basket plants in Taungya plantations in sefwi wiasko forest district. Ghana Forest Journal 1(1): 20-24. 1968.
5. ASCENSO, C.J. The inheritance of, and relationships among growth characters of young cocoa seedlings. Thesis. Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad, West Indies, 1960. 74 p.
6. _____ y BARTLEY, G.D. Varietal relationships of growth factors of young cacao seedlings. Euphytica 15(1): 221-223. 1966.
7. AWATRAMANI, N. Multistoreyed cropping patterns with coffee for maximising production. Indian Coffee 41(7): 253-254. 1977.
8. BEAUMONT, J.H. An analysis of growth and yield relationships of coffee trees in Kona District, Hawaii. Journal of Agricultural Research, 59(3): 222-235.
9. BERNHARD, R.F. Essai de comparaison des cycles d'elements minéraux dans les plantations de Framiré (Terminalia ivorensis) et en forêt naturelle de Cote d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques 167: 25-38. 1976.
10. BOHM, W. Methods of studying root systems. New York, Springer Verlag, 1979. 183 p. (Ecological Studies).
11. BONNET-MASIMBERT, M. Rooting of some species used in afforestation in the Ivory Coast. Bois et Forest des Tropiques 143: 23-34. 1972.
12. BUDOWSKI, G. Prácticas forestales de interés para el cultivo del café. Café (costa Rica) 1(3): 49-52. 1959.

13. CLEMENTS, F.E. et al. Plant competition. An analysis of community functions. Washington, Carnegie Institution, 1929. 340 p.
14. COMBE, J. Técnicas agroforestales para los trópicos húmedos: conceptos y perspectivas. Turrialba, CATIE, 1979. 9 p.
15. _____ y BUDOWSKI, G. Clasificación de las técnicas agroforestales; una revisión de literatura. In Taller Sobre Sistemas Agroforestales de América Latina, Turrialba, Costa Rica, 1979. Actas. Turrialba, CATIE, 1979. pp. 17-48.
16. _____ y GERNALD, N., eds.. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, CATIE, 1979. 378 p.
17. DELAUNAY, J. Preliminary results from provenance trials of Terminalia ivorensis A. Chev. two and half years after their establishment in the Ivory Coast. In D.E. Nikles, J. Burley y R.D. Barnes. Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1977. pp. 874-878.
18. DYSON, W.G. Justificación de la dasonomía de plantación en los trópicos. México y sus Bosques No. 11-12: 19-24. 1966.
19. EVANS, J. The effects of leaf position and leaf age in foliar analysis of Gmelina arborea. Plant and Soil 52(4): 547-552. 1979.
20. FERNANDEZ, S. Comportamiento inicial de Gmelina arborea Roxb. asociada con maíz (Zea mays L.) y frijol (Phaseolus vulgaris L.) en dos espaciamentos, en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, UCR-CATIE, 1978. 125 p.
21. FLINTA, C. prácticas de plantación forestal en América Latina. Roma, FAO, 1960. 497 p.
22. FORD, L. Estimación del rendimiento de Cedrela odorata L. (sin C. mexicana) cultivado en asocio con café. In Taller Sobre Sistemas Agroforestales en América Latina, Turrialba, Costa Rica, 1979. Actas. Turrialba, CATIE, 1979. pp. 183-188.
23. FOURNIER, L. El cultivo de jaúl (Alnus jorulensis) en fincas de café en Costa Rica. In Taller Sobre Sistemas Agroforestales en América Latina, 1979. Actas. Turrialba, CATIE, 1979. pp. 163-167.
24. FRAMIRE. Bois et Forests des Tropiques 153: 23-24. 1974.

25. FUENTES, R. Sistemas agrícolas de producción de café en México, In Taller Sobre Sistemas Agroforestales en América Latina, Turrialba, Costa Rica. 1979. Actas. Turrialba, CATIE, 1979. pp. 62-75.
26. GEHRKE M. Distribution of absorbin roots of coffee (Coffea arábica L) and rubber (Hevea brasiliensis Muell.) in mixed plantings in two ecological zones of Costa Rica. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1962. 105 p.
27. GLENDINNING, R. Further observations on the relationship between growth and yield in cocoa varieties. Euphytica 15(1): 116-126. 1966.
28. GONZALEZ, G. E. Propiedades y posibilidades de utilización de la madera de Terminalia ivorensis creciendo en Turrialba, Costa Rica. San José, Costa Rica, UCR-CATIE, 1979. 5 p.
29. HANUMANTHA, R. Diversification in coffee. Indian Coffee 39(1): 16-18. 1975.
30. HOLDRIDGE, L. Ecological indications of the need for a new approach to tropical land use. Economic Botany 13(4): 271-280. 1959.
31. _____. Arboles de sombra para el cacao. In Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Manual del curso de cacao. Turrialba, Costa Rica, 1957. pp 113-117.
32. HORNE, J.E. Growth rates in the timber plantations of western Nigeria. Nigerian Forestry Information, Bulletin No. 12, 1962. 15 p.
33. HOWELL, J.H. Reforestación. Informe de FAO al Gobierno de Panamá. Roma, FAO, 1972. 165 p. (Informe Técnico No. 11).
34. HUNTER, J. y CAMACHO, E. Some observations on permanent mixed cropping in the humid tropics. Turrialba 11(1): 26-32. 1961.
35. JALDIN, E. Efecto del tipo de planta y distribución de surcos sobre el crecimiento y rendimiento de la vainica (Phaseolus vulgaris L.) asociada con maíz (Zea mays L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1978. 90 p.
36. JOHNSON, C.M. y ULRICH, A. Analytical methods for use in plant analysis. California, Experiment Station Bulletin No. 766, 1959. pp. 28-45.
37. JONES, N. y KUDLER, J. Fruit development and insect pest of Terminalia ivorensis A. Chev. Commonwealth Forestry Review 50(3): 254-62, 1971.

38. KING, K.F.S. Agri-Silviculture (The Taungya system). Ibadan University, Department of Forestry, Bulletin No. 1, 1968. 109 p.
39. LAMB, A.F.A. Impressions of tropical pines and hardwoods in some eastern countries. Oxford University Commonwealth Forestry Institute, 1962. 2 p.
40. _____, y NTIMA, O.O. Terminalia ivorensis. Oxford University, Commonwealth Forestry Institute. Fast Growing Timber Trees No. 5. 1969. 72 p.
41. LAMB, D. Relationships between growth and foliar nutrient concentrations in Eucalyptus deglupta. Plant and Soil 47(2): 495-508. 1977.
42. LAURIE, M.V. Fast growing tropical tree species. Oxford University, Commonwealth Forestry Institute, 1966. pp. irr.
43. LOWE, R.G. Terminalia ivorensis A. Chev. Ibadan, Nigeria, Federal Department of Forestry Research, 1965. 3 p.
44. _____, y DOBSON, J. Planting time for pots plants and stump plants of Terminalia ivorensis and Nauclea diderrichii in Benin taungya. Nigeria. Department of Forest Research. Technical Note No. 34. 1966. 14 p.
45. _____. Silvicultural characteristic of trees in growth plats by pattern analysis and stand curve analysis on the (IBM) electronic computer. Nigeria. Federal Department of Forest Research. Research paper No. 13. 1973. 14 p.
46. MAGNE O.J. Comportamiento de Terminalia ivorensis A. Chev. en su fase de establecimiento, asociado con maíz, caupí y frijol, utilizando pseudoestaca y plantón en el trasplante. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1979. 90 p.
47. MARIANO, H.A. Relaciones entre algunas medidas de vigor y producción de cacao. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1966. 66 p.
48. MAY, L.C. Não plante mandioca em associacao com pinus elliotii. Silvicultura em Sao paulo 1(1): 189-190. 1962.
49. MULLER, L. Un aparato microkjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. Turrialba (Costa Rica) 11(1): 17-25. 1961.

50. MUÑOZ, A.M. Comportamiento inicial del laurel Cordia alliodora (Ruiz y Pav) Oken plantado en asocio con maíz (Zea mays) bajo dos niveles de fertilización. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1978. 125 p.
51. NEEF, P. The root system of Terminalia ivorensis at 3,5 and 21 years old stand and on 32 years old trees. Ivory Coast, Centre Technique Forestiere Tropicale, 1975. 49 p.
52. NIGERIA. FEDERAL DEPARTMENT OF FOREST RESEARCH. Annual report for the year 1963-1964. Ibadan, 1966. 66 p.
53. _____. Annual report for the year 1968-1969. Ibadan, 1969. 39 p.
54. _____. Annual report for the year 1971-72. Ibadan, 1972. 39 p.
55. _____. Annual report for the year 1972-73. Ibadan, 1973. 72 p.
56. _____. Annual report for the year 1973-74. Ibadan, 1974. 101 p.
57. OFOSU-ASIEDU, A. y CANNON, P. Terminalia ivorensis decline in Ghana. Pans 22(2): 239-242. 1976.
58. OLAWOYE, O.O. The agrosilvicultural system in Nigeria. Commonwealth Forestry Review 54(3-4): 229-236. 1975.
59. OSENI, A.M. The development of tree crops and timber industries in Nigeria. Ibadan, Department of Forest Research, 1969. 11 p.
60. PARRY, M.S. Métodos de plantación de bosques en Africa Tropical. FAO, Roma, 1957. 333 p. (Cuaderno de Fomento Forestal No. 8).
61. PICHARDO, C.B. Efectos de población, hábitos de crecimiento y épocas de siembra sobre la producción total y comercial de la vainica (Phaseolus vulgaris L.) asociada con maíz en elote. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1979. 80 p.
62. RENDLE, B.J. World Timber. London, Ernest Benn, 1969. v. 1 pp. 122-123.
63. RICHARDS, B.N. y BEVEGE, D.I. Principles and practice of foliar analysis as a basis for crop-logging in pine plantations. I. Basic considerations. plant and soil 36(1): 109-119. 1972.
64. ROSERO, P. y GEWALD, N. Crecimiento de laurel (Cordia alliodora) en cafetales, cacaotales y potreros en la zona atlántica de Costa Rica. In Taller sobre Sistemas Agroforestales en América Latina, Turrialba, Costa Rica, 1979. Actas. Turrialba, CATIE, 1979. pp. 210-214.

65. SABAH. FOREST DEPARTMENT. Annual report of the Research Branch of the Forest Department for the year 1967. 58 p.
66. _____. Annual report of the Research Branch of the Forest department for the year 1968. Sarawak, 1969. 41 p.
67. _____. Annual report of the Research Branch of the Forest department for the year 1969. Sarawak, 1970.
68. _____. Annual report of the Research Branch of the Forest department for the year 1970. Sarawak, 1971. 126 p.
69. _____. Annual report of the Research Branch of the Forest department for the year 1972. Sarawak, 1973. 97 p.
70. SALLENAVE, P. Notes on some tropical species for joinery in the building industry. Bois et forest des Tropiques. 121: 55-66. 1968.
71. SCHUURMAN, J. y GOLDEWAAGEN, M. Methods for examination of root systems and roots. Wageningen, Holanda, Centre for Agricultural Publications and Documentations, 1965. 86 p.
72. STREETS, R. Exotic forest trees in the British Commonwealth London. Oxford, Clarendon, 1962. pp. 725-727.
73. TALLER SOBRE SISTEMAS AGROFORESTALES EN AMERICA LATINA. Turrialba, Costa Rica, 1979. Organización y conclusiones. Turrialba, CATIE, 1979.
74. TAYLOR, C.J. Synecology and Silviculture in Ghana. New York, Thomas Nelson, 1960. pp. 152-155.
75. _____. Tropical forestry, with particular reference to West Africa. New York, Oxford University press. 1962. 163 p.
76. VEGA, L. Comparación de rentabilidad de las plantaciones regulares con el modelo de agrosilvicultura en Surinam. In Taller sobre Sistemas Agroforestales en América Latina. Turrialba, Costa Rica, 1979. Actas. Turrialba, CATIE, 1979. pp. 111-126.
77. _____. Bagassa guianensis Aubl., una especie forestal de rápido crecimiento del trópico americano. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y capacitación. Boletín No. 50. 1976. pp. 29-39.
78. VERDUZCO, G.J. Posible solución a la agricultura nómada en bosques tropicales: Sistema "Taungya". Bosques (México) 7(1): 28-31. 1970.

79. VOSS, E. Some West African weevils (Coleoptera; Curculionidae) including two species. Ghana Journal of Agricultural Science 6(1): 59-62. 1973. Original no consultado. Compendiado en: Forestry Abstracts 37(11): 636. 1976.
80. WEBB, D.B. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones tropicales y subtropicales. Londres, Overseas Development Administration, 1980. 275 p.
81. WILKEN, G. Integrating forest and small-scale farm systems in Middle América. Agro-Ecosistemas 3(4): 291-302. 1977.

8. A P E N D I C E

Cuadro A1. Resultados del análisis de suelos del área experimental

Fecha del muestreo	Prof. (cm)	pH (M ₂ O)	--Meq/100 ml de--			-----MG/ml de suelo-----					Mat. Org. %	Nitrogeno Total %	
			Ca	Mg	K	Acidez Extract.	% Sat. Acidez	P	Zn	Cu			Mn
30/1/80	00-05	5.58	8.2	3.23	0.46	0.28	2.30	3.29	5.42	21.03	79.82	6.49	0.35
	05-25	5.57	6.7	1.95	0.29	0.45	4.94	3.27	3.47	18.95	28.56	5.05	--
	25-50	5.60	5.9	2.43	0.22	0.40	4.60	2.76	7.27	21.50	19.51	2.78	0.16
18/9/80	00-05	5.70	7.9	2.91	0.47	0.31	2.75	8.57	8.28	21.70	41.24	6.77	0.36

Cuadro A2. Condiciones climáticas registradas durante el período de investigación (septiembre 79-septiembre 80) comparadas con las condiciones climáticas normales.

Meses	--Condiciones climáticas normales--				-----Período de investigación-----			
	Temp. \bar{X} °C	Precip. mm.	Días con más de 0,1 mm.	Evap. mm.	Temp. \bar{X} °C	Precip. mm.	Días con más de 0,1 mm.	Evap. mm.
Septiembre	22,60	252,1	22,6	92,8	22,56	223,09	23	107,19
Octubre	22,40	244,7	22,0	98,0	22,72	140,79	22	108,19
Noviembre	21,90	277,5	22,1	79,0	21,64	154,29	21	78,50
Diciembre	21,00	329,7	21,5	76,6	20,97	189,89	21	81,59
Enero	20,60	172,7	18,5	83,8	21,10	143,59	16	99,49
Febrero	20,80	136,1	15,2	85,8	20,27	191,69	17	92,99
Marzo	21,60	68,0	13,5	116,3	21,59	16,79	12	132,39
Abril	22,10	133,6	15,2	112,6	22,23	96,10	10	126,30
Mayo	22,80	218,5	23,1	107,8	22,99	220,99	21	124,90
Junio	22,80	287,9	21,8	89,1	22,69	311,70	25	84,80
Julio	22,40	278,7	25,4	79,4	22,48	182,69	22	103,89
Agosto	22,40	240,8	24,3	86,3	22,16	184,10	23	112,50
Septiembre ***	-	-	-	-	22,13	273,0	24	101,0
Totales		2640,3	245,2	1107,5		2055,12	233	1252,82
Promedio	22,0	220,0	20,4	92,3	22,0	171,26	19,4	104,4

* Estación meteorológica: Lat. 9°53'N. Longitud 83°58'; Elevación 602 msnm.

** Promedio de temperatura de 21 años, Promedio de precipitación de 36 años, Promedio de evaporación de 12 años.

*** Indica que los datos de este renglón no se incluyen en los totales y promedios.

Cuadro A3. Terminalia ivorensis. Análisis de varianza para altura, DAP, diámetro de copa y área basal.

Análisis para 2 factores. Se incluye el tratamiento A1.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios			
		Altura	DAP	Diámetro de copa	Área Basal
Bloques	4	0,48 NS	0,12 NS	0,07 NS	0,645 NS
Efecto de C. Perennes (A)	2	2,77 *	0,30 NS	0,11 NS	0,056 NS
Error (a)	8	0,34	0,35	0,13	1,252
Efecto de C. Anuales (b)	1	0,01 NS	0,03 NS	0,09 NS	0,014 NS
Interacción (Axb)	2	0,47 NS	0,04 NS	0,07 NS	0,340 NS
Error (b)	12	0,19	0,12	0,11	0,359
Coeficientes de variación (%) -		8,6	4,6	11,6	9,8

Análisis para un solo factor. Se incluye el tratamiento A1

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios		
		Altura	DAP	Diámetro de copa
Bloques	4	0,46 NS	0,10 NS	0,06 NS
Efecto de la asociación	3	9,93 **	20,97 **	2,02 **
Error	12	0,18	0,29	0,04
Coeficientes de variación (%) -		9,6	8,4	7,9
				16,6

* Significancia al 5% de probabilidad. NS= No significativo.

** Significancia al 1% de probabilidad.

Cuadro A4. Terminalia ivorensis. Crecimiento promedio acumulado de altura por subparcela, en metros, incluyendo únicamente los tratamientos con asociación agrícola.

Fecha de Medición	Edad (meses)	-----Tratamientos-----								Promedio	
		A2		A3		A4		b1	b2	b1	b2
Sept. 79	15	3,85	4,21	3,53	3,73	3,87	3,63	3,75	3,86		
Dic.	18	4,28	4,68	4,22	4,20	4,43	4,14	4,31	4,34		
Feb. 80	20	4,32	4,82	4,24	4,27	4,46	4,25	4,34	4,45		
Abril	22	4,28	4,85	4,24	4,19	4,46	4,27	4,33	4,44		
Junio	24	6,18	6,47	6,02	5,87	6,24	5,97	6,15	6,10		
Agosto	26	7,65	7,92	7,89	8,00	8,51	7,97	8,02	7,96		
Sept.	27	8,18	9,00	8,77	8,73	9,65	9,07	8,67	8,93		

Cuadro A5. Terminalia ivorensis. Crecimiento promedio acumulado de DAP por subparcela, en centímetros, incluyendo únicamente los tratamientos con asociación agrícola.

Medición	Edad (meses)	-----Tratamientos-----							
		A2		A3		A4		b1	b2
		b1	b2	b1	b2	b1	b2		
Sept. 79	15	4,26	4,74	5,84	4,12	4,30	4,12	4,15	4,55
Diciembre	18	5,60	6,30	5,70	5,90	5,90	6,0	5,75	6,07
Febrero 80	20	7,74	8,12	7,64	7,52	7,98	7,86	7,79	7,85
Abril	22	8,00	8,50	7,80	8,0	8,10	8,10	7,97	8,20
Junio	24	9,12	9,40	8,90	9,2	9,20	9,10	9,07	9,25
Agosto	26	10,80	10,90	10,60	11,0	10,80	10,60	10,75	10,85
Sept. 80	27	11,64	11,92	11,40	11,74	11,62	11,40	11,55	11,69

Cuadro A6. Terminalia ivorensis. Crecimiento promedio acumulado de diámetro de copa por subparcela, en metros incluyendo únicamente los tratamientos con asociación agrí cola.

Medición	Edad (meses)	Tratamientos							
		A2		A3		A4		Promedio	
		b1	b2	b1	b2	b1	b2	b1	b2
Sept. 79	15	2,58	2,60	2,35	2,54	2,39	2,66	2,44	2,60
Sept. 80	27	5,36	5,34	5,46	5,35	5,29	5,57	5,37	5,42

Cuadro A7. Terminalia ivorensis. Análisis de varianza para el contenido foliar de nitrógeno, fósforo, calcio, potasio, magnesio y azufre.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados Medios					
		Nitrógeno	Fósforo	Calcio	Potasio	Magnesio	Azufre
Bloques	4	0,08 NS	0,0017 NS	0,18 NS	0,21*	0,03 NS	0,00050**
Tratamientos	3	2,02 **	0,01 **	0,19 NS	0,59**	0,02 NS	0,00285**
Error	12	0,02	0,0009	0,08	0,06	0,02	0,00008
Coefficientes de variación	-	6,6	9,3	13,7	15,1	13,8	7,5

* Significancia al 5% de probabilidad

** Significancia al 1% de probabilidad.

Cuadro A8. Terminalia ivorensis. Distribución radical. Conteo de raíces en 2 árboles de 2 años de edad.

Clase diamétrica (cm)	Distancia horizontal al tronco del árbol																			
	Profundidad (cm)		0-20		20-40		40-60		60-80		80-100		100-120		120-140		140-160		Totales	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Menores de 0,15	0-20	9	4	11	9	7	11	10	4	11	6	5	8	5	4	6	6	6	5	50
	20-40	7	5	8	5	5	2	6	3	5	2	8	4	4	6	4	4	4	4	54
	40-60	6	1	5	3	7	7	4	3	3	1	3	4	2	1	3	1	3	3	10
	60-80	4	2	1	1	1	1	3	1	1	1	2	0	1	0	1	0	0	1	14
	80-100	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Totales	26	12	25	20	20	20	21	24	11	19	10	13	15	17	10	14	11	15	158	110
de 0,16 a 0,5	0-20	5	3	5	1	1	3	2	0	2	1	2	2	0	0	0	0	0	17	10
	20-40	2	0	2	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	7
	40-60	2	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5	2
	60-80	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	80-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totales	12	3	8	4	3	4	4	4	0	2	1	3	3	1	2	2	2	3	35	19
Mayores de 0,5	0-20	3	1	2	0	1	1	0	0	0	2	0	0	2	1	0	0	0	8	5
	20-40	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	1
	40-60	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
	60-80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	80-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totales	5	1	3	0	3	1	1	1	0	0	2	0	1	2	0	0	0	14	7	7

* Número de raíces correspondientes al árbol "A"

** Número de raíces correspondientes al árbol "B".

Cuadro A9. Análisis de varianza para el incremento en altura y diámetro basal de los cultivos perennes asociados con Terminalia ivorensis.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados Medios	
		Altura	Diámetro basal
Repeticiones	4	12,0 NS	2,4 NS
Cultivos Perennes (A)	2	403,6 NS	18,1 **
Error (a)	8	136,0	1,1
Cultivos Anuales (b)	1	26,1 NS	4,8 NS
Interacción (Axb)	2	159,0 NS	3,7 NS
Error (b)	12	94,6	2,2
Coeficientes de variación	-	51,9	44,0

** Significativo al 1% de probabilidad

NS= No significativo.

Cuadro A10. Análisis de varianza para el rendimiento de biomasa aérea y producción comercial de los cultivos anuales asociados con Terminalia ivorensis.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados Medios					
		Biomasa 1er período	Biomasa 2do período	Producción Comercial 1er período	Producción Comercial 2do período	Vainita	Caupí
Bloques	4	81 669*	510 841*	1 537 NS	34 966 NS	12 138 NS	
Cultivos Perennes (fact. A)	2	27 801 NS	93 877 NS	165 NS	233 645 *	31 530 **	
Error (a)	8	16 734	132 007	1 338	30 215	5 427	
Cultivos Anuales (fact. b)	1	1060 434 **	8223 662 **	353 649 **	---	---	
Interacción (Axb)	2	36 754 NS	25 508 NS	63	---	---	
Error (b)	12	24 537	285 457	1 255	---	---	

* Significativo al 5% de probabilidad NS= No significativo

** Significativo al 1% de probabilidad.

Prueba DMS para la producción comercial en el 2do período de cosecha

Tratamientos	Rendimiento promedio (kg/ha)	
	Vainita	Caupí
A2	1 405 a	303 c
A3	1 204 a	247 c
A4	943 b	146 d

Nota: Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes

1/ Se analizaron por separado porque la vainita se evaluó en peso fresco de las vainas y el caupí se evaluó en peso del grano seco.

Cuadro A11. Análisis de varianza para la producción de biomasa aérea de malezas.

Análisis de varianza para los tratamientos con 2 factores. Se excluye el Trat. A1

Fuente de variación	G.L.	--CUADRADOS MEDIOS--	
		Primer muestreo	Segundo muestreo
Bloques	4	47 144 NS	28 283 NS
Cultivos Perennes (Fact. A)	2	98 587 NS	31 844 NS
Error (a)	8	56 067	12 091
Cultivos Anuales (Fact. b)	1	9 013 NS	5 070 NS
Interacción (Axb)	2	74 242 NS	677 NS
Error (b)	12	23 235	13 660

NS = No significativo

Análisis de varianza para un solo factor. Se incluye el trat. A1

Fuente de variación	G.L.	----- CUADRADOS MEDIOS -----	
		Primer muestreo	Segundo muestreo
Bloques	4	1 968 909 NS	310 896 NS
Tratamientos	3	115 963 180 **	13 253 311 **
Error	12	2 150 964	262 208

** Significativo al 1% de probabilidad.

Cuadro A12. Lecturas diarias de radiación solar registradas en las parcelas de *T. ivorensis* y fuera de la plantación, en $\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2/\text{día}}$.

Días	Ubicación del radiómetro				
	Al Sol	A1	A2	A3	A4
13/8	282,3	221,0	98,8	29,2	91,5
14/8	330,2	221,0	130,6	34,1	95,2
15/8	382,5	326,3	146,5	43,8	135,5
16/8	325,6	246,3	105,9	63,3	93,4
17/8	430,3	345,2	128,8	65,2	117,2
18/8	437,2	338,9	120,0	52,6	84,2
19/8	510,0	410,5	132,4	87,7	93,4
20/8	346,1	269,4	88,2	88,8	62,2

Cuadro A13. Tiempo empleado en las labores de mantenimiento de la plantación de Terminalia ivo-
rensis, sola y asociada con cultivos agrícolas, expresado en horas/hombre por ha.
y su respectivo valor calculado en colones.

Mes	Actividades	Tratamientos							
		A1	A2		A3		A4		
		b1	b2	b1	b2	b1	b2	b1	b2
10/79	Apertura de hoyos, plantación y fertilización de cult. perennes	---	216	216	46	46	31	31	31
11/79	Deshierbe con azadón	---	88	88	88	88	88	88	88
11/79	Siembra (1a.)	---	246	246	246	246	246	246	246
12/79	Deshierbe con machete	77	---	---	---	---	---	---	---
1/80	Aspersión pesticidas (1a.)	---	15	15	9	9	6	6	6
2/80	Fertilización cult. perennes	---	62	62	15	15	13	13	13
2/80	Cosecha C. anuales (1a.)	---	77	46	77	46	77	77	46
3/80	Deshierbe con machete	77	---	---	---	---	---	---	---
5/80	Raleo 37% de los árboles	---	31	31	31	31	31	31	31
5/80	poda de <u>Terminalia ivorensis</u>	---	15	15	15	15	15	15	15
5/80	Deshierbe con azadón	---	93	93	93	93	93	93	93
5/80	Siembra (2a.)	---	246	246	246	246	246	246	246
6/80	Deshierbe con machete	77	---	---	---	---	---	---	---
6/80	Fertilización C. perennes	---	62	62	15	15	13	13	13
7/80	Aspersión de plaguicidas	---	23	23	15	15	15	15	15
7/80	Cosecha de vainita (2 cortes)	---	80	---	80	---	80	---	---
8/80	Cosecha de caupí	---	---	62	---	62	---	---	62
	Total de mano de obra horas-hombre/ha.	231	1254	1205	976	927	954	954	305
	Costo de mano de obra en colones*	1062,60	5768,40	5543,0	4489,6	4264,2	4388,4	4388,4	4163,0

* 1 hora= \$4.60, US\$ 1= 8,54 colones.

Cuadro A14. Cantidad y valor comercial de los insumos utilizados, por hectárea, para los siete tratamientos, en colones.

Insumos	Valor ¢	Tratamientos								
		A2		A3		A4		A4		
		A1	b1	b2	b1	b2	b1	b2	b1	b2
Semillas										
Frijol	8,00/kg	-	200,0	--	200,00	--	200,00	--	200,00	--
Mungo	6,00/kg	-	--	240,00	--	240,00	--	240,00	--	240,00
Vainita	26,00/kg	-	156,0	--	156,00	--	156,00	--	156,00	--
Caupí	6,00/kg	-	--	72,0	--	72,00	--	72,00	--	72,00
Plaguicidas:										
Mirex	20,00/kg	20,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Lannate	40,00/100 g	-	57,14	57,14	57,14	57,14	57,14	57,14	57,14	57,14
Thiodan	60,00/litro	-	20,00	20,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Coccide	50,00/kg	-	13,00	13,00	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20
Dithane M-22	47,00/kg	-	37,60	37,60	37,60	37,60	37,60	37,60	37,60	37,60
Ortho B	14,00/kg	-	28,00	--	28,00	--	28,00	--	28,00	--
Fertilizantes	3,1 /kilo	-	1488,00	1488,00	930,00	930,00	930,00	930,00	930,00	930,00
(10-30-10)										
Totales		20,00	2009,7	1937,74	1453,94	1361,94	1015,44	1015,44	1015,44	945,44

Cuadro A15. Rendimiento e ingresos brutos por ha. percibidos por la venta de productos agrícolas, en los diferentes tratamientos, en colonos.

Cultivo agrícola	Precio/kg	Tratamientos					
		A2	A3	A4	A4		
		b1	b2	b1	b2		
Frijol	7,00	2,177	---	2,219	---	2,303	---
Mungo	6,00	---	54	---	84	---	84
Valnita	5,00	7,025	---	6,020	---	4,715	---
Caupí	6,00	---	1,482	---	1,318	---	876
Total		9,202	1,536	8,239	1,902	7,013	960

Cuadro A16. Productos del raleo obtenido en las parcelas de T. ivorensis asociadas con cultivos agrícolas.

Diam (cm)	Vol. 2/ No de postes raleados	Vol. 2/ raleados	Diam (cm)	Vol. 2/ raleado	No post. raleado	Vol. 2/ raleado
5,08-	7,62	0,0065	162	1,077	2,54-3,81	0,00079
7,62-	10,16	0,01303	125	1,629	106	0,0837
10,16-	12,70	0,02153	5	0,108		

1/ El Centro agrícola Cantonal de Turrialba, compra madera de estas dimensiones a un precio de \$150/m³.

2/ en m³

3/ por ha.