

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COMPORTAMIENTO DE *Terminalia ivorensis* A. Chev. EN SU FASE
DE ESTABLECIMIENTO, ASOCIADO CON MAIZ, CAUPI Y FRIJOL,
UTILIZANDO PSEUDOESTACA Y PLANTON EN EL TRASPLANTE

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

JAIME MAGNE OJEDA

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

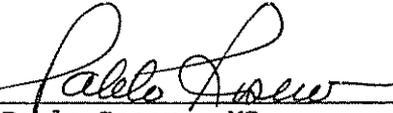
Turrialba, Costa Rica

1979

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la
Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE,
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

JURADO :



Pablo Rosero, MS

Profesor Consejero

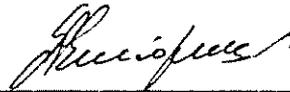


Pedro Oñoro, Ph.D

Miembro del Comité

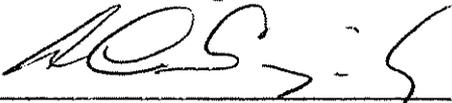
Jean Combe, MS

Miembro del Comité



Gustavo Enríquez, Ph.D

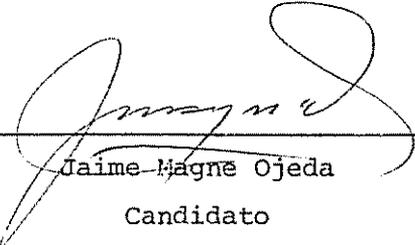
Miembro del Comité



Coordinador del Programa de Estudios de Posgrado
en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales



Coordinador del Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica



Jaime Magné Ojeda

Candidato

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre,
a mi madre con cariño

A Ovedulia, mi esposa,
con amor, por su estímulo
y comprensión

A mis hijos:
Julio César,
Consuelo,
María Isabel

A mis hermanos, cuñados
y sobrinos

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento:

Al Ing. Pablo Rosero, Consejero Principal, por su permanente cooperación y estímulo en la formación del graduado.

A los Miembros del Comité, Drs. Pedro Oñoro, Gustavo Enríquez e Ing. Jean Combe, por las acertadas sugerencias en la conducción del presente trabajo experimental.

A todos los profesores del Programa de Posgrado por las valiosas enseñanzas transmitidas durante la formación del graduado.

Al personal del Programa de Recursos Naturales Renovables, Biblioteca del IICA - CIDIA y a todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron grata mi permanencia en este Centro.

A las autoridades de la Universidad Boliviana, Gabriel Rene Moreno, por patrocinar la asistencia a este Centro de Enseñanza.

BIOGRAFIA

El autor nació en La Joya, Oruro, Bolivia, el 3 de enero de 1941. Realizó sus estudios primarios en su pueblo natal, secundarios en la Ciudad de Oruro y Universitarios en la Ciudad de Cochabamba; obtuvo el Título de Ingeniero Agrónomo el 16 de noviembre de 1972, en la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Simón.

En el período de 1966 - 1967 trabajó en el Departamento de Suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

En el período 1967 - 1972 fue transferido al Servicio Forestal, Caza y Pesca, desempeñándose como Silvicultor Asistente en las Reservas Forestales.

A partir de diciembre de 1972 se desempeñó como profesor asistente de la Universidad Boliviana Gabriel René Moreno de Santa Cruz, en la Cátedra de Botánica General, donde actualmente ejerce sus funciones.

En julio 1977 ingresó al Programa de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, (UCR-CATIE), en el Programa de Recursos Naturales Renovables, graduándose como Magister Scientiae en julio de 1979.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos generales	3
2.2 Agrosilvicultura	5
2.2.1 Cultivos Agrícolas utilizados	7
2.2.2 Elección de especies forestales	7
2.3 Costo de plantación	8
2.4 Género <i>Terminalia</i>	9
2.4.1 Descripción general de <i>Terminalia</i> <i>ivorensis</i> A. Chev.....	10
2.4.1.1 Características morfológicas	10
2.4.1.2 Características de la madera	11
2.4.2 Distribución geográfica	12
2.4.3 Requerimientos ecológicos	12
2.4.4 Comportamiento en plantaciones	14
2.4.5 Materiales de Trasplante	16
3. MATERIALES Y METODOS	18
3.1 Localización y descripción del área experimental..	18
3.1.1 Clima	18
3.1.2 Suelos	20
3.2 Diseño experimental	20
3.3 Período experimental	22
3.4 Preparación del terreno	22
3.5 Obtención y preparación de materiales de trasplante	26
3.5.1 Plantón	26
3.5.2 Pseudoestaca	26

	Página
3.6 Elección de cultivos, espaciamiento y densidades de siembra	28
3.7 Plantación, siembra y cuidados culturales	28
3.8 Registro de datos de la plantación forestal	31
3.8.1 Supervivencia	31
3.8.2 Altura	32
3.8.3 Diámetro basa	32
3.8.4 Diámetro de copa	32
3.9 Registro de datos del sector agrícola	33
3.9.1 Biomasa	33
3.9.2 Rendimientos	33
3.9.2.1 Maíz	33
3.9.2.2 Caupí y Frijol	34
3.10 Costo de plantación	34
3.11 Análisis de información	35
3.11.1 Prueba de diferencia de medias	35
3.11.2 Análisis de Varianza	35
3.11.3 Regresión lineal	36
4. RESULTADOS	37
4.1 Plantación forestal	37
4.1.1 Supervivencia	38
4.1.2 Crecimiento en altura	38
4.1.3 Crecimiento en diámetro basal	41
4.1.4 Crecimiento en diámetro de copa	43
4.2 Cultivos agrícolas asociados con <i>T. ivorensis</i>	47
4.2.1 Rendimiento y producción de biomasa del maíz	47
4.2.2 Rendimiento y producción de biomasa del caupí y frijol	48
4.3 Evaluación económica	52
5. DISCUSION	55
5.1 Comportamiento de la especie forestal	55

	Página
5.1.1 Sobrevivencia	55
5.1.2 Crecimiento	56
5.2 Rendimiento de los cultivos agrícolas	59
5.3 Consideraciones económicas	60
6. CONCLUSIONES	62
7. BIBLIOGRAFIA	64
8. APENDICE	70

LISTA DE CUADROS

Cuadro # Texto	Página
1	Descripción de tratamientos 23
2	Porcentaje de sobrevivencia de <i>T. ivorensis</i> registrados a los 10 meses de edad..... 40
3	Incrementos promedio en altura de <i>T. ivorensis</i> en cm y comparación de medias basado en la DMS 40
4	Incrementos promedio de diámetro basal y diámetro de copa de <i>T. ivorensis</i> en cm y comparación de medias basado en DMS 44
5	Rendimientos promedio de biomasa y productos cosechables de maíz, asociado con <i>T. ivorensis</i> en los 2 períodos agrícolas 49
6	Rendimientos promedio de biomasa y grano de caupí y frijol asociados con <i>T. ivorensis</i> en los 2 períodos agrícolas 51
7	Resumen de ingresos y egresos en colones en los diferentes tratamientos referidos para un hectárea de plantación forestal 54

APENDICE

Cuadro #		Página
A1	Condiciones climáticas registradas durante el período de investigación (junio 1978 - abril 1979) comparado con las condiciones climáticas normales	71
A2	Resultados de análisis de muestras de suelos del área experimental	72
A3	Datos tabulados para cálculo de estimadores del porcentaje de sobrevivencia de <i>T. ivorensis</i>	73
A4	Estimadores de incremento en altura de <i>T. ivorensis</i> en cm	74
A5	Promedios de crecimiento acumulado de altura de <i>T. ivorensis</i> en cm	75
A6	Regresión simple entre altura promedio y tiempo en meses	76
A7	Estimadores de incremento en diámetro basal de <i>T. ivorensis</i> en cm	77
A8	Promedios de crecimiento acumulado de diámetro basal en cm de <i>T. ivorensis</i> en los diferentes tratamientos	78
A9	Regresión simple entre diámetro basal promedio y tiempo en meses, predicciones y desviaciones al 5%	79
A10	Estimadores de incremento en diámetro de copa de <i>T. ivorensis</i> en cm	80
A11	Promedios de crecimiento acumulado de diámetro de copa en cm de <i>T. ivorensis</i> en los diferentes tratamientos	81
A12	Regresión simple entre diámetro de copa promedio y tiempo en meses, predicciones y desviaciones al 5%	82

Cuadro #		Página
A13	Estimadores de rendimiento de maíz asociado con <i>T. ivorensis</i> en los 2 períodos agrícolas	83
A14	Estimadores de producción de biomasa del maíz en Ton/ha asociado con <i>T. ivorensis</i> en los 2 períodos agrícolas	84
A15	Estimadores de rendimientos de caupí y frijol en kg/ha asociados con <i>T. ivorensis</i> en los 2 períodos agrícolas	85
A16	Estimadores de producción de biomasa de caupí y frijol en Ton/ha asociados con <i>T. ivorensis</i> en los 2 períodos agrícolas	86
A17	Serie cronológica de tiempo empleado en la plantación de <i>T. ivorensis</i> , sola y asociada con cultivos agrícolas expresado en horas/hombre por ha y su respectivo valor calculado en colones	87
A18	Cantidad y valor comercial de los insumos utilizados por ha para los cuatro tratamientos en colones	88
A19	Rendimientos e ingresos brutos por ha percibidos por la venta de productos agrícolas en los diferentes tratamientos en colones	89
A20	Ingreso Familiar estimado para la plantación de <i>T. ivorensis</i> en los sistemas asociados	90

LISTA DE FIGURAS

Figura #		Página
1	Localización del área experimental	19
2	Frecuencias de precipitación y temperatura registradas durante el período experimental, comparadas con datos de temperatura y precipitación normales	21
3	Esquema del diseño experimental	24
4	Esquema de la distribución de los períodos de cultivo y plantación en el tiempo	25
5	Esquemas de los materiales de trasplante utilizados en el experimento	27
6	Esquema de distribución de plantas de los 4 tratamientos en surcos y en líneas	29
7	Regresión simple entre altura promedio y edad en meses en <i>Terminalia ivorensis</i>	42
8.	Regresión simple entre diámetro basal y edad en meses en <i>Terminalia ivorensis</i>	45
9.	Regresión simple entre diámetro de copa y edad en meses en <i>Terminalia ivorensis</i>	46

RESUMEN

COMPORTAMIENTO DE *Terminalia ivorensis* A. Chev. EN SU FASE DE ESTABLECIMIENTO, ASOCIADO CON MAIZ, CAUPI Y FRIJOL, UTILIZANDO PSEUDOESTACA Y PLANTON EN EL TRASPLANTE

La agrosilvicultura, que consiste en plantación de especies forestales asociada con cultivos agrícolas, se considera actualmente como una técnica prometedora para el desarrollo de los trópicos húmedos. Puede ser de particular importancia en áreas donde se requiere reducir la influencia de la agricultura migratoria y a la vez optimizar el uso de la tierra; por lo tanto, se requiere conocer modelos de asociación agrosilvícola, así como especies forestales debidamente probadas en todas sus etapas silviculturales.

En el presente estudio se evaluó la sobrevivencia y crecimiento de *Terminalia ivorensis* A. Chev. en su etapa de establecimiento, después de haberse efectuado el trasplante al campo. El trasplante se realizó en asocio con cultivos agrícolas; Maíz (*Zea mays* L.), Caupí *Vigna unguiculata* (L) Walp.) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Se evaluaron los rendimientos de los cultivos agrícolas y se estimaron los costos de plantación.

El experimento se realizó en el período 1978 - 1979, en terrenos pertenecientes al CATIE en Turrialba, Costa Rica.

Se utilizó el diseño de parcelas divididas. Dos tipos de material de trasplante de *T. ivorensis*, Plantón y Pseudoestaca, se plantaron en cada una de las cuatro parcelas principales, distribuidas en cinco repeticiones. Los tratamientos de las parcelas principales fueron:

1. *T. ivorensis* en plantación sola en terreno descampado
2. " " asociada con maíz en rotación con frijol
3. " " asociada con caupí en rotación con maíz
4. " " asociada con maíz y caupí seguido por maíz y frijol

El trasplante de *T. ivorensis* se realizó el 28 de junio de 1978, a 3 x 3 m de espaciamiento (1111 árboles/ha); a los 10 días siguientes se sembraron maíz y la leguminosa simultáneamente, a densidades de 40.000 y 100.000 plantas/ha respectivamente. La segunda siembra se realizó el 10 de noviembre de 1978.

Los resultados obtenidos muestran que la pseudoestaca de *T. ivorensis* ha tenido mejor sobrevivencia comparado con el plantón; los porcentajes registrados fueron 95% para el primero y 57% para el segundo.

La presencia de los cultivos agrícolas mejoraron significativamente el crecimiento en altura de la especie forestal. La altura promedio alcanzado a los 10 meses fué de 118 cm para las plantaciones asociadas y 93 cm para la plantación sin asocio. El mayor crecimiento en altura fue obtenido con el segundo tratamiento, que consiste en

plantación asociada con maíz en rotación con frijol. Este tratamiento dió una altura promedio de 123 cm, el cual representa 25% mayor en relación a la plantación sola; fué también económicamente más ventajoso, ya que el costo de plantación fué 73% más barato que la plantación sin asocio.

Con respecto a los cultivos agrícolas, los mejores rendimientos se han obtenido en parcelas donde *T. ivorensis* estuvo asociada con un solo cultivo en cada rotación agrícola. En tratamientos donde se asociaron dos cultivos simultáneamente a la especie forestal, los rendimientos fueron bajos.

SUMMARY

ESTABLISHMENT AND EARLY GROWTH OF STUMP AND STRIPLING TRANSPLANTS OF *Terminalia ivorensis* WHEN INTERPLANTED WITH CORN, COWPEAS AND BEANS

Agrosilviculture, that is the growing of timber trees in close association with agricultural crops, is currently regarded as a promising technique for developing the humid tropics. It should be of particular value in areas where shifting cultivation should be checked and where optimum land use is sought. Therefore precise information is required about the many possible mixtures at all stages of their growth.

In this experiment the survival and early growth of *T. ivorensis* A. Chev. were measured during the year following transplanting to the field from the forest nursery. The trees were grown interplanted with food crops; Corn (*Zea mays* L.), Cow Pea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) and Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). The yields from the food crops were measured and the costs of the plantation calculated.

The experiment was carried out in the 1978 - 1979 season, on land owned by CATIE, at Turrialba in Costa Rica.

A split plot design was used, in which two types of *T. ivorensis* planting stock, stumps and stripling were used in each of four main treatments replicated five times. The main treatments were:

1. *Terminalia ivorensis* planted alone in fully cultivated land
2. " " interplanted with corn, which was followed, in rotation by a crop of beans
3. " " interplanted with cowpeas, followed by corn
4. " " interplanted with cowpeas and corn, and followed by beans and corn

The trees were transplanted on 28th June 1978 at 3 m x 3 m square spacing (1111 trees/ha) and the corn and legumes sown ten days later at 40,000 and 100,000 plants/ha respectively. The second food crop was sown on 10th November 1978.

The data collected show that *Terminalia ivorensis* stumps survived much better, 95 per cent, than striplings 57 per cent.

The presence of the interplanted food crops significantly improved the height growth of the trees. The average height after ten months in the field was 118 cm for interplanted trees and 93 cm for trees planted alone. The best height growth was obtained by interplanting with corn followed by a second crop of beans. This treatment gave a mean height of 123 cm; which represents a 25 per cent improvement over trees planted alone.

This treatment was also the most satisfactory economically and was 72 per cent cheaper than planting the trees without interplanted food crops.

With regard to the food crops, the best yields were obtained

where a single species was interplanted in each rotation, treatments in which the trees were interplanted with two food crops simultaneously gave lower yields.

1. INTRODUCCION

En zonas tropicales se diseñan proyectos principalmente con el objeto de lograr el aumento de la producción agrícola. Se han utilizado grandes recursos económicos y técnicos, pero sus logros han sido inestables por falta de medidas que permitan asegurar la productividad del medio tropical; sin embargo, persiste la tendencia de incrementar el área cultivable a expensas de los bosques.

Con el desbosque masivo practicado en aquellas áreas, es lógico suponer que se provoque cambios negativos en el ecosistema. Por esta razón se plantea la necesidad de encontrar los medios adecuados que nos permitan reencausar el proceso hacia la utilización más eficiente de los suelos y demás recursos naturales, a través de prácticas racionales que evitan el deterioro del medio ambiente tropical.

El desbosque se ha practicado más intensamente en los bosques tropicales de los países asiáticos y africanos, principalmente para ser reemplazados por la agricultura migratoria; pero a la vez se ha venido ensayando, desde más de un siglo, metodologías apropiadas dirigidas a restaurar la cubierta de bosque, de tal manera que además de recuperar la fertilidad del suelo, se pueda obtener productos forestales de valor. Como resultado de estos intentos se popularizó el método de repoblación forestal conocido como agrosilvicultura o "sistema Taungya".

Basado en métodos agrosilviculturales, se han ensayado diferentes especies forestales y agrícolas, lográndose resultados alentadores en algunos casos. Sin embargo, para disponer de suficiente material de plantación, debidamente probado, se considera necesario seguir ensayando otras especies de valor en diferentes zonas geográficas y con similares características ecológicas.

Una de las especies forestales ensayadas en asociaciones agrosilviculturales en los países del Oeste Africano es *Terminalia ivorensis*, especie que además de poseer madera valiosa, ha demostrado tener buen comportamiento en este tipo de plantaciones.

Los objetivos formulados para el presente estudio son los siguientes:

- a) Evaluar la sobrevivencia y el comportamiento de *Terminalia ivorensis* A. Chev. en su fase de establecimiento, asociado con maíz, *Tagetes*, caupí, *Mimosa pudica* y frijol, *Phaseolus vulgaris*, utilizando dos tipos de material de trasplante: planta completa como "plantón" y planta podada como "pseudoestaca".
- b) Evaluar el rendimiento de los cultivos agrícolas asociados.
- c) Analizar los costos de plantación en relación al asocio agrícola empleado.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Aspectos generales

Se afirma que existe la creencia de que las zonas húmedas constituyen un emporio de riquezas que solo espera la acción del hombre para convertirse en realidad tangible; pero falta probar la capacidad del área (12).

Estimaciones recientes de FAO (19) indican que los bosques existentes en los países en desarrollo se están reduciendo notablemente. En cifras globales, América Latina pierde anualmente de 5 a 10 millones de hectáreas de bosque, Africa 2 millones y Asia 4 millones.

El aumento de la población, especialmente en el medio rural, ejerce presión cada vez mayor sobre la utilización del suelo. Esta situación origina la demanda de nuevas áreas cultivables. En consecuencia, la proliferación de la agricultura migratoria en zonas tropicales húmedas será una tarea difícil de contener (17, 23, 28, 51).

Kio (31) afirma que la agricultura migratoria en los trópicos probablemente surgió como una respuesta práctica a la agresividad ecológica del bosque tropical, y persistió a través del tiempo porque el agricultor pudo mantenerse en un balance equilibrado con el medio natural.

La agricultura migratoria se practica en la mayoría de los países tropicales del mundo, en una extensión de 300 millones de

hectáreas, y representan un medio esencial de vida para unos 200 millones de personas (19). La metodología varía de un lugar a otro, pero casi todos encajan en el sistema roza-tumba-quema seguido por un período de uno a cuatro años de cultivos agrícolas, luego se abandona el área de seis a veinte años, y después se repite el ciclo (9, 23, 31, 38). Esta actividad no es tan perjudicial cuando la población rural se mantiene en niveles bajos de densidad (20 personas por km² aproximadamente). Los problemas surgen cuando se incrementa la población y traen consigo las siguientes consecuencias: pérdida gradual de la productividad del suelo, erosión y degradación de las cuencas hidrográficas, descenso del flujo normal de aguas en los ríos y pérdida de recursos forestales (9, 11, 15, 17, 43).

Comprendiendo la necesidad de adoptar medidas de conservación de suelos y a la vez hacer el uso más eficiente de este recurso, se ensayan criterios de asociación de plantaciones forestales con cultivos agrícolas (23, 45, 50).

En relación a las plantaciones forestales, Dyson (18) indica que en Africa Oriental se logró producir un volumen de madera utilizable once veces mayor que el de los bosques naturales; además, las plantaciones que reemplazan a los bosques naturales presentan varias ventajas, entre ellas: ofrecen material uniforme, maderas de valor y rendimientos elevados.

Puede ser ésta la razón para que en zonas climáticas húmedas la silvicultura natural se abandone más y más en favor de la

silvicultura artificial; es decir, el cultivo de árboles está evolucionando hacia las plantaciones, especialmente para pulpa (5, 13, 25, 52). Pero la dificultad de realizar plantaciones en gran escala radica principalmente en los altos costos de establecimiento y los largos períodos de retorno económico, motivo por el cual los países en desarrollo se muestran renuentes a sufragar los gastos (29).

Los programas forestales deben contemplar todas las medidas que contribuyan a estimular el desarrollo socio-económico de los países, o modificarlo en la medida de lo posible hasta hacerlo compatible con las prácticas silviculturales, como es el caso de plantaciones asociadas con cultivos agrícolas, para evitar que surja competencia por el uso de la tierra (1, 12, 28, 50).

2.2 Agrosilvicultura

King y Chandler (30) afirman que la agrosilvicultura consiste en un sistema sostenido de manejo de la tierra, combinándose la producción forestal con cultivos agrícolas y/o animales en forma simultánea y secuencialmente en la misma unidad de terreno, donde se aplican prácticas de manejo compatibles con las labores culturales idóneas a la población rural.

La carencia de un sistema de clasificación para las técnicas agroforestales crea confusión en el uso de terminologías (14). Sin embargo, uno de los términos popularmente conocidos en agrosilvicultura es el "Sistema Taungya". Cabe aclarar que este sistema como tal, no

constituye un sistema silvicultural, simplemente es un método de establecimiento de la plantación forestal combinado en forma temporal con cultivos agrícolas. La fase agrícola del "Sistema Taungya" es de uno a tres años; la fase forestal es, por el contrario, bastante prolongada (34, 45, 58).

El "Sistema Taungya" se inició en el Sudeste de Asia hace más de un siglo, de allí pasó al África y actualmente se trata de utilizar en América Latina (34, 45, 50, 61).

Durante los últimos años el reconocimiento de la importancia de la agrosilvicultura ha aumentado mucho, sobre todo en el aspecto tocante a su potencial para optimizar el uso de la tierra. Al mismo tiempo, se pretende reducir los peligros derivados de la agricultura migratoria en desequilibrio, permitiéndoles participar a los agricultores nómadas en programas de reforestación, con opción de practicar una forma de agricultura temporaria (1, 30, 50, 58).

Debido al mejoramiento del suelo por los bosques naturales, generalmente se ha asumido que las plantaciones también podrían restaurar la fertilidad; aunque la evidencia indica que ésto no es siempre así. Se sospecha que con las sucesivas rotaciones de plantaciones, los suelos se agoten; así como ocurre con los cultivos agrícolas (10). Para lograr la restauración será necesario hacer una adecuada selección de especies forestales y desarrollar modelos de asociación agrosilvícolas apropiadas (30).

2.2.1 Cultivos agrícolas utilizados

Entre los cultivos agrícolas asociados con plantaciones figuran aquellos que sirven de sustento al agricultor. King (29) afirma que para elegir las especies agrícolas ha primado más la necesidad de alimentos, los hábitos y preferencias del agricultor antes que sus posibles efectos sobre la plantación forestal o la resistencia a la competencia.

Se debe procurar el espacio suficiente entre los componentes de la asociación, para evitar que el cultivo agrícola afecte el sistema radicular de la plantación y viceversa.

En consecuencia, los cultivos agrícolas cuyas prácticas culturales demandan mayor remoción del suelo, especialmente aquellos que forman tubérculos como parte cosechable, deben ser excluidos del sistema, o bien, debe mantenerse la distancia suficiente entre los cultivos y las especies forestales (29, 45).

2.2.2 Elección de especies forestales

Hasta el presente se han ensayado más de mil especies forestales en diferentes formas de plantación, algunas de éstas han demostrado tener características apropiadas para ser utilizadas en programas de reforestación (62).

En plantaciones asociadas con cultivos agrícolas se han probado cerca de una centena de especies, tanto coníferas como latifoliadas, en diferentes ambientes ecológicos (29).

En la elección de especies deben influir sus propias características, las condiciones de sitio y los mercados potenciales (34). Entre las características silviculturales más importantes que deben poseer las especies forestales se mencionan las siguientes: que tengan suficiente disponibilidad de semillas, buen comportamiento en el vivero y en el trasplante, buena adaptación y crecimiento rápido en diferentes condiciones ambientales, facilidad de rebrote o producción de abundante cantidad de semillas para asegurar su regeneración natural posterior, fuste de buena conformación con escaso follaje y poda natural, resistencia a plagas y enfermedades y características tecnológicas apropiadas para requerimientos industriales (19, 48).

2.3 Costo de plantación

Según Vega (60), los altos costos demandados por las operaciones silviculturales se atribuye principalmente a los siguientes factores: a) elevado costo de deforestación y preparación del terreno; b) elevado costo de mantenimiento y protección; c) altos niveles de gastos fijos. El mismo autor señala que, para condiciones de Surinam, rendimientos de 200 a 250 m³/ha en turnos de 30 años, considerando precios actuales por m³, no podrían cubrir los costos de inversión.

Oseni (46) y Olawoye (45), afirman que el Sistema Taungya significa el 50% menos del costo de plantación.

Los costos de establecimiento de Teca en Nigeria ascendieron aproximadamente a US\$207/ha, incluyendo los gastos hasta el tercer año

de mantenimiento; de los cuales entre 47 y 57% correspondieron al desbosque y preparación del terreno. En cambio con el Sistema Taungya los costos de plantación y mantenimiento por el mismo período se redujeron a US\$103 (34).

En las plantaciones experimentales de Turrialba, Costa Rica, se llegaron a obtener costos de plantación en Sistema Taungya que disminuyeron entre 50 y 60% comparados con los costos de plantación pura (3, 4, 39).

2.4 Género Terminalia

El Género *Terminalia* pertenece a la familia Combretaceae, agrupa aproximadamente 200 especies y se presenta en diferentes tipos morfológicos, desde árboles gigantes hasta plantas arbustivas trepadoras y herbáceas (33, 56).

La mayoría de las especies de este género se caracterizan por la disposición de las hojas en la parte terminal de las ramas. El nombre, según Lamb (33), deriva del latín "terminus".

El género *Terminalia* se disemina en mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Algunas de sus especies poseen maderas valiosas, otras son ricas en tanino, tinturas e inclusive algunas poseen propiedades medicinales (56, 57).

Las especies que tienen importancia en la industria maderera son: *Terminalia amazonia* en la América tropical, *T. brassii* en Nueva

Guinea, *T. miriocarpa* en la India y las especies *T. superba* y *T. ivorensis* en los países del Oeste Africano (33).

2.4.1 Descripción general de *Terminalia ivorensis* A. Chev.

Esta especie se conoce bajo diferentes denominaciones, generalmente de origen regional, de las cuales las más populares son: Idigbo en Nigeria, Framiré en la Costa de Marfil y Emire en Ghana (21, 33, 49).

2.4.1.1 Características morfológicas

T. ivorensis es un árbol de porte elevado, algunos ejemplares alcanzan hasta 45 m de altura. Presentan un fuste recto casi cilíndrico, ligeramente acanalado y libre de ramas; con DAP (Diámetro Altura Pecho) que mide 1,50 m en árboles maduros. En su base se observa pequeñas raíces tablares. La corteza presenta coloración marrón oscuro casi negro, fisurado con finas grietas longitudinales (24, 56, 57).

Las ramas de los árboles jóvenes ocupan posición verticilada y se prolongan en dirección casi perpendicular al tallo principal. Cuando el árbol alcanza su máxima altura, las ramas se extienden horizontalmente para formar una copa plana (57).

Las hojas son simples, penninervadas, con las nervaduras principal y secundarias prominentes, de forma oblonga ligeramente ensanchada hacia el ápice, de tamaño variable, 7,5 cm de largo con

3,5 cm de ancho. Las hojas tiernas presentan pubescencia, pero con el tiempo se vuelven glabras. Son cortamente pecioladas, no llevan glándulas en el peciolo. Este detalle sirve para diferenciar de *T. superba* (24, 33).

Las flores son pentámeras, generalmente apétalas y muy pequeñas; acomodadas en espigas simples, axilares de color amarillento (24).

El fruto es una sámara de tamaño variable y muy liviana. Cada fruto contiene una sola semilla y se disemina con la ayuda del viento. Un kilogramo puede contener unas 5.000 unidades (47, 56).

2.4.1.2 Características de la madera

La madera es de color amarillo pálido, o marrón amarillento; existe poca diferencia entre la coloración del duramen y de la albura, detalle por el cual se utiliza en la fabricación de Tableros contrachapados (27). La textura de la madera es gruesa e irregular, de consistencia blanda a moderadamente dura y ligeramente pesada (33, 49).

La madera obtenida de árboles muy maduros es de inferior calidad; es decir, su consistencia se torna frágil y vidriosa, especialmente en la parte central. Por esta razón la industria prefiere trozas de mediano grosor (49).

Nepveu (41) señala que la edad del árbol influye considerablemente, tanto sobre el ritmo de crecimiento como sobre la calidad de la madera, y que la madera juvenil parece persistir hasta los 15 años de edad.

La madera se utiliza en todo tipo de trabajos de carpintería (21, 27, 49). También se ha probado como traviezas de líneas férreas, obteniéndose resultados bastante satisfactorios (37). Así mismo, las pruebas de laboratorio señalan que esta especie tiene propiedades adecuadas para ser utilizadas en la fabricación de papel (16, 22, 53).

2.4.2 Distribución geográfica

T. ivorensis no parece distribuirse tan ampliamente como las otras especies de este género. Varios autores (24, 33, 57) indican que el área de distribución natural está localizada entre los países del Oeste Africano: Sierra Leona, Costa de Marfil, Ghana y Nigeria. Rendle (49) afirma que es posible que en ninguna otra parte sea tan abundante como en estos países. Es una especie que medra normalmente en bosques densos primarios y/o secundarios de tipo estacional; es abundante en zonas transicionales entre bosque húmedo, siempre verde y bosque deciduo (27, 56).

2.4.3 Requerimientos ecológicos

T. ivorensis puede crecer satisfactoriamente bajo una temperatura media anual que fluctúa entre 20 y 33°C. La humedad relativa en su medio natural, durante la estación seca, rara vez desciende de 50%. En relación a los requerimientos pluviométricos, Griffiths (24) señala que las plantaciones jóvenes de *T. ivorensis* crecen normalmente con 1.375 mm de lluvia distribuidas en todo el año. Por otro lado,

Bernhard (10) indica que, en zonas donde crece este árbol, la lluvia fluctúa de 1.800 a 2.100 mm/año. En conclusión, se estima que para el desarrollo óptimo de *T. ivorensis* se requieren lluvias que estén por encima de los 1.300 mm y convenientemente distribuidas en todo el año (33).

En la composición florística del rodal, *T. ivorensis* ocupa posición emergente junto a *T. superba*, *Triplochiton scleroxylon*, *Nauclea* sp., *Chlorophora excelsa* y otras especies vigorosas pero de menor valor comercial (57).

T. ivorensis, para su crecimiento requiere condiciones de alta luminosidad; por esta razón se comporta como buen colonizador de tierras agrícolas abandonadas (8, 33).

Otro hecho notable que se observa en el comportamiento de *T. ivorensis* consiste en la forma tan fácil con que elimina sus ramas inferiores, aún creciendo en lugares abiertos (57).

La regeneración natural es abundante, especialmente en sectores descampados, a pesar de la escasa viabilidad germinativa y los obstáculos que la semilla tiene que vencer hasta encontrar condiciones apropiadas para la germinación, ya que el fruto es atacado por insectos barrenadores; así por ejemplo, en un muestreo al azar de un lote de semillas realizado en Ghana, se encontró que el 45% estaban dañadas (7).

Cuando el árbol se encuentra en un medio donde existe competencia tiende a degenerar. Según Neef (40), la competencia tiene efecto adverso sobre los árboles de 21 años de edad; aunque las causas

de su decaimiento no están plenamente definidas, se sugiere que este detalle puede tener aplicación práctica para establecer densidades y raleos en plantaciones.

2.4.4 Comportamiento en plantaciones

T. ivorensis y *Triplochiton scleroxylon* son consideradas como las especies nativas más importantes para programas de reforestación en los países del Oeste Africano (8, 22, 44).

Las primeras plantaciones de *T. ivorensis* comenzaron en terrenos previamente limpiados, removiendo y quemando la vegetación original; no existen datos cuantitativos sobre el comportamiento de esta forma de plantación (33).

Posteriormente se plantaron en fajas de enriquecimiento, abriendo brechas dentro del bosque. Aubreville (8) indica que arbolitos de dos años de edad tenían una altura promedio de 4,5 m y a los quince años alcanzaban 20 m.

Otro método empleado en la plantación de *T. ivorensis* es el Sistema Taungya (6, 36, 46). En relación a este tipo de plantación en Nigeria, Horne (26) proporciona los siguientes datos: rodales de once años de edad miden 25 cm de D.A.P. promedio y 20 m de altura, y los que tienen veinte años, 32,8 cm de D.A.P. con 26 m de altura.

Según Lowe (35), en plantaciones densas, *T. ivorensis* parece mostrar una ligera tendencia al raleo natural, comparada con otras especies sometidas al mismo tratamiento silvicultural.

En las extensas plantaciones de Ghana establecidas con el Sistema Taungya en 1930, se detectó recientemente una enfermedad que está causando gran mortalidad en rodales de 30 años de edad. Ofosu y Cannon (44) describen la sintomatología de esta enfermedad, señalando al hongo causante del mal que pertenece el género *Endothia*.

En relación a la plantación de *T. ivorensis* realizada en el Continente Americano existe escasa información. Vega (59) reporta algunos datos cuantitativos sobre una plantación experimental efectuada en Surinam; trasplantando en dos diferentes sitios de establecimiento, en campo abierto y bajo cubierta de bosque, logró 90 y 33% de sobrevivencia respectivamente. Esta plantación, a los 3,5 años de edad medía 5 m de altura con 5 a 7 cm de D.A.P.

De los últimos datos suministrados por Vega(*) se sabe que, no obstante el crecimiento inicial rápido de esta especie, no pasaron a niveles superiores de ensayo debido al ataque de un hongo (probablemente *Armillaria* sp.) que eliminó los árboles. Este autor sugiere que los trabajos de agrosilvicultura pueden realizarse con especies que han sido probadas silviculturalmente en sus diversas fases de crecimiento.

En el CATIE existen algunos árboles de *T. ivorensis* plantados como prueba de procedencias. Estos árboles tienen 10 años de edad y miden 25 cm de D.A.P. promedio con 20 m de altura.

(*) Leónidas Vega. Jefe Proyecto Mapane, Surinam. Comunicación personal.

2.4.5 Materiales de trasplante

La discusión sobre materiales de trasplante se hace según se emplee plantas completas a raíz desnuda, pseudoestacas o plantas en macetas, los que asociados a ciertas consideraciones prácticas sobre las labores culturales y la época de plantación deciden el éxito de la operación.

Los datos referentes al comportamiento de *T. ivohensis* en vivero son escasos. Otro tanto ocurre con los tipos de material de trasplante empleados en la plantación, no obstante de que esta especie ha sido utilizada en programas de reforestación en gran escala.

Horne (26), Lowe y Dobson (36) afirman que empleando plantas en macetas para el trasplante, se logran los mejores resultados de sobrevivencia. Annin (6) corrobora indicando que debido a los constantes fracasos de plantaciones de *T. ivohensis* con pseudoestacas, se orientaron pruebas con plantas embolsadas, consiguiendo mejores resultados de sobrevivencia y crecimiento.

Por otro lado Nwoboshi (42) sostiene que para tener éxito con pseudoestacas en el trasplante se debe hacer una cuidadosa selección del material, basándose en la calidad morfológica y fisiológica de los vástagos, cualidades que se logran a través de un manejo adecuado en el vivero. Krisnawamy (32) corroborara además, que los mejores resultados con pseudoestacas se obtienen cuando el trasplante se realiza inmediatamente después de haberse extraído del terreno; es decir, cuanto menor sea el tiempo de permanencia fuera del terreno, habrá mayor probabilidad de éxito.

El establecimiento de plantaciones en zonas tropicales requiere la producción de un adecuado material de trasplante que sea lo más barato posible; además, se requiere el conocimiento de la calidad de la pseudoestaca usada en los trópicos (40).

La sobrevivencia inicial y el crecimiento posterior de las plantas dependen también de la habilidad de la especie para establecer contacto con los componentes bióticos y abióticos del suelo (36).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización y descripción del área experimental

El área experimental está ubicada en los terrenos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Se trata de un área de cultivo abandonada desde 1974, cubierta por una vegetación herbácea con predominio de gramíneas, localizada entre los cafetales en dirección el sector denominado Campo Gamma (Fig. 1).

Su posición geográfica está definida por las siguientes coordenadas terrestres: 83°39'50" longitud Oeste, 9°53'10" Latitud Norte y elevación 602 m.s.n.m.

3.1.1 Clima

Los datos climáticos registrados durante el período experimental (Junio 1978 - Abril 1979) fueron los siguientes: temperatura promedio 22,6°C., precipitación registrada durante los once meses del ensayo es 2000,4 mm, distribuidos 221 días con lluvia; siendo el mes más lluvioso noviembre con 312,2 mm y los meses más secos, enero a marzo con 47 mm mensuales. Estos datos son ligeramente diferentes en relación a los promedios normales; como se puede observar en el Cuadro A1 (*) y en la Figura 2. Los datos climáticos se han obtenido de la

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

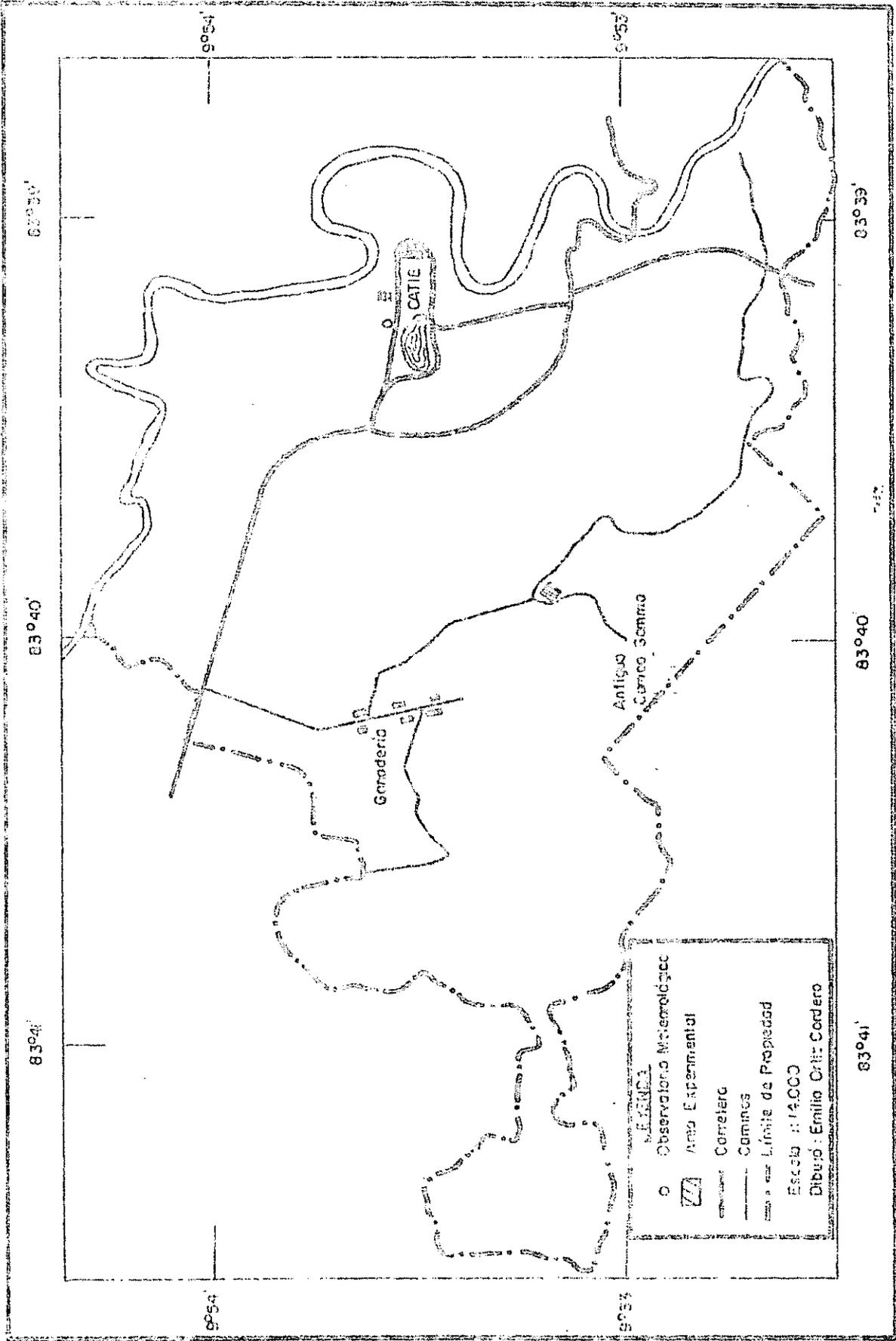


Fig. 1 Localización del área experimental

estación meteorológica del CATIE(*) ubicada aproximadamente a 800 m del área experimental

3.1.2 Suelos

El área experimental se caracteriza por tener una pendiente suave que oscila entre 15 y 20%, rodeada de pequeñas colinas de origen volcánico.

El tipo de suelo, de acuerdo a la clasificación de suelos de Aguirre (2), corresponde a la Serie Instituto, Fase Margot Coluvial, con abundante material grueso y pedregoso. La textura del horizonte superficial es franco arcilloso y, en los horizontes profundos, arcilloso; se considera que el suelo tiene drenaje moderado.

Para conocer las condiciones de fertilidad del suelo del área experimental, previa a la instalación del ensayo, se realizó un muestreo y análisis de suelos. Las muestras se han obtenido de dos profundidades: primero la capa superficial hasta 25 cm de profundidad, y luego de 25 a 50 cm. Posteriormente se hicieron otros dos muestreos similares, después de cada cosecha agrícola. Los resultados se presentan en el Cuadro A2.

3.2 Diseño Experimental

El diseño experimental fue bloques al azar con parcelas divididas (55). Se establecieron 4 parcelas mayores de 324 m² de superficie, de forma cuadrada, con 18 m de lado. Se hicieron 5 repeticiones de los tratamientos mayores. Cada parcela mayor se dividió en dos subparcelas de 162 m². La descripción de los tratamientos se presenta

(*) CATIE. Resumen de datos meteorológicos, 1978

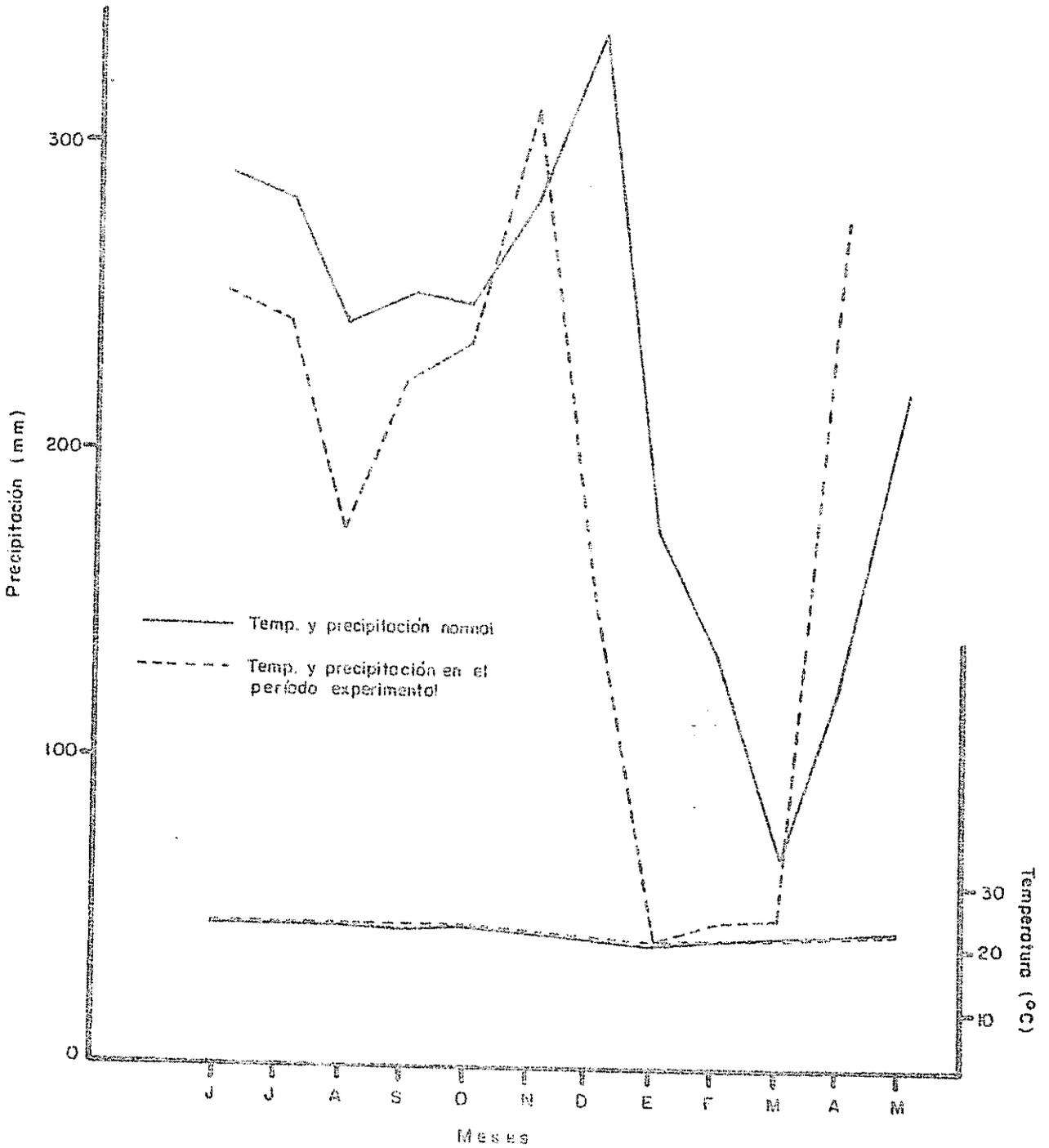


Fig. 2 Frecuencias de precipitación y temperatura registradas durante el período experimental, comparadas con datos de temperatura y precipitación normales

en el Cuadro 1 y la disposición de las parcelas en el campo se observan en la Figura 3.

3.3 Período Experimental

Los trabajos de campo, desde la plantación, el 28 de junio, 1978 hasta el último registro de datos, 28 de abril de 1979, abarcaron 10 meses; durante el período experimental se acomodaron dos períodos de cultivos agrícolas, el primero comprendió de junio a octubre, caracterizado como época lluviosa, y el segundo de noviembre a abril, caracterizado como época seca (Figura 4).

3.4 Preparación del terreno

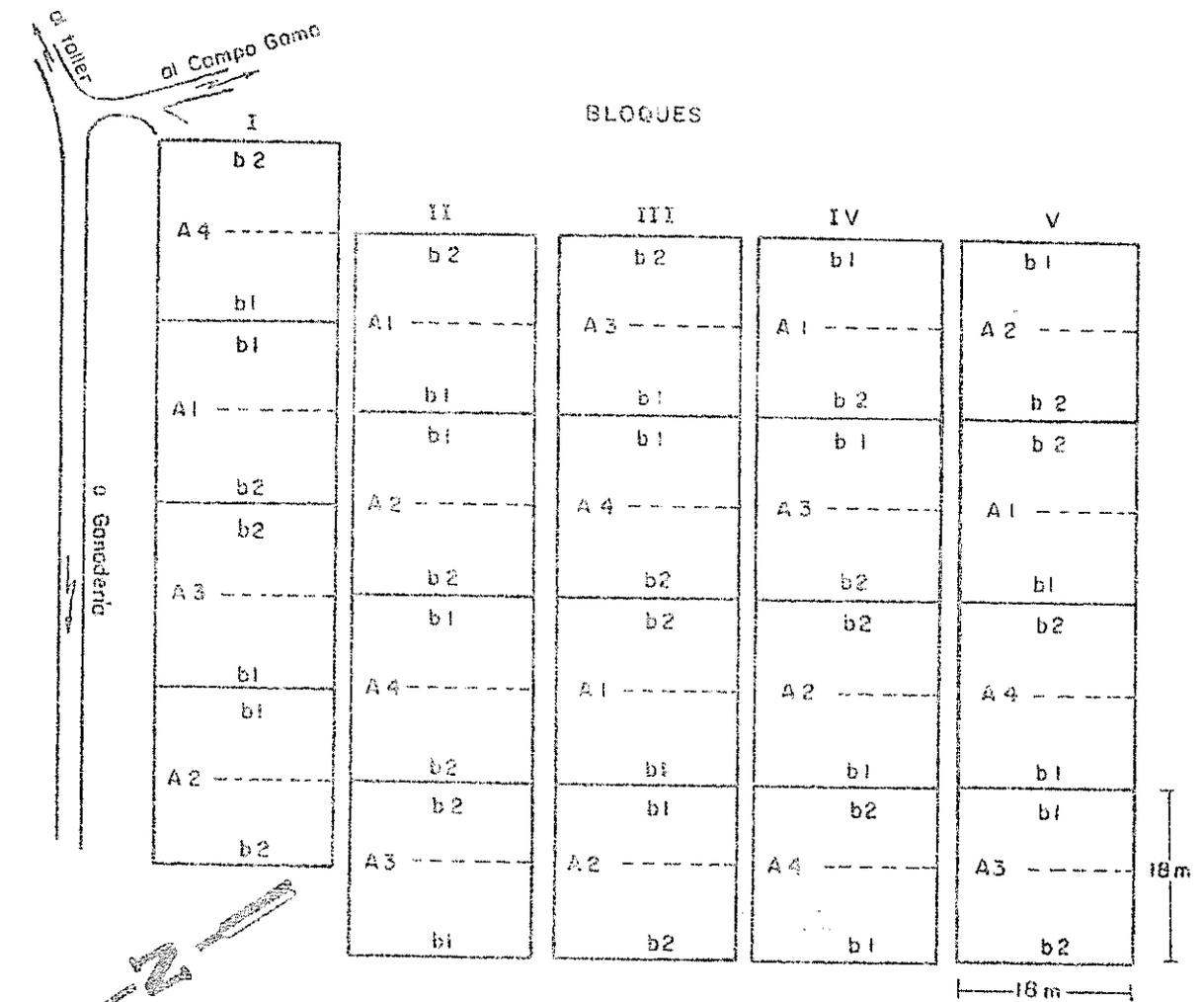
Antes de haberse definido la ubicación del área experimental, el terreno había sido roturado con tractor. Las labores posteriores se concretaron a nivelar el suelo en forma manual debido a la imposibilidad de utilizar la rastra por la pedregosidad del terreno.

Una vez finalizado la nivelación se procedió a la demarcación de bloques, parcelas y subparcelas, de acuerdo al diseño previamente establecido (Fig. 3).

La apertura de hoyos para la plantación se hizo en forma manual utilizando palas comunes; los hoyos fueron de 30 x 30 cm de lado y 25 cm de profundidad.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos

SÍMBOLO		T R A T A M I E N T O S	
<u>Parcelas Principales</u>			
A ₁	<i>T. ivorensis</i>	en plantación sin asocio.	
A ₂	" "	asociado con maíz en rotación con frijol	
A ₃	" "	asociado con caupí en rotación con maíz	
A ₄	" "	asociado con maíz y caupí luego con maíz y frijol	
<u>Subparcelas</u>			
b ₁	<i>T. ivorensis</i>	en plantón como material de trasplante	
b ₂	" "	en pseudoestacas como material de trasplante	



Parcelas principales :

- A1 T. ivorensis en plantación sin asocio
- A2 T. ivorensis asociado con maíz en rotación con frijol
- A3 T. ivorensis asociado con coupi en rotación con maíz
- A4 T. ivorensis asociado con coupi y maíz primer período luego con frijol y maíz

Subparcelas :

- b1 Plantón para trasplante
- b2 Pseudociaca para trasplante

Fig. 3 Esquema del diseño experimental

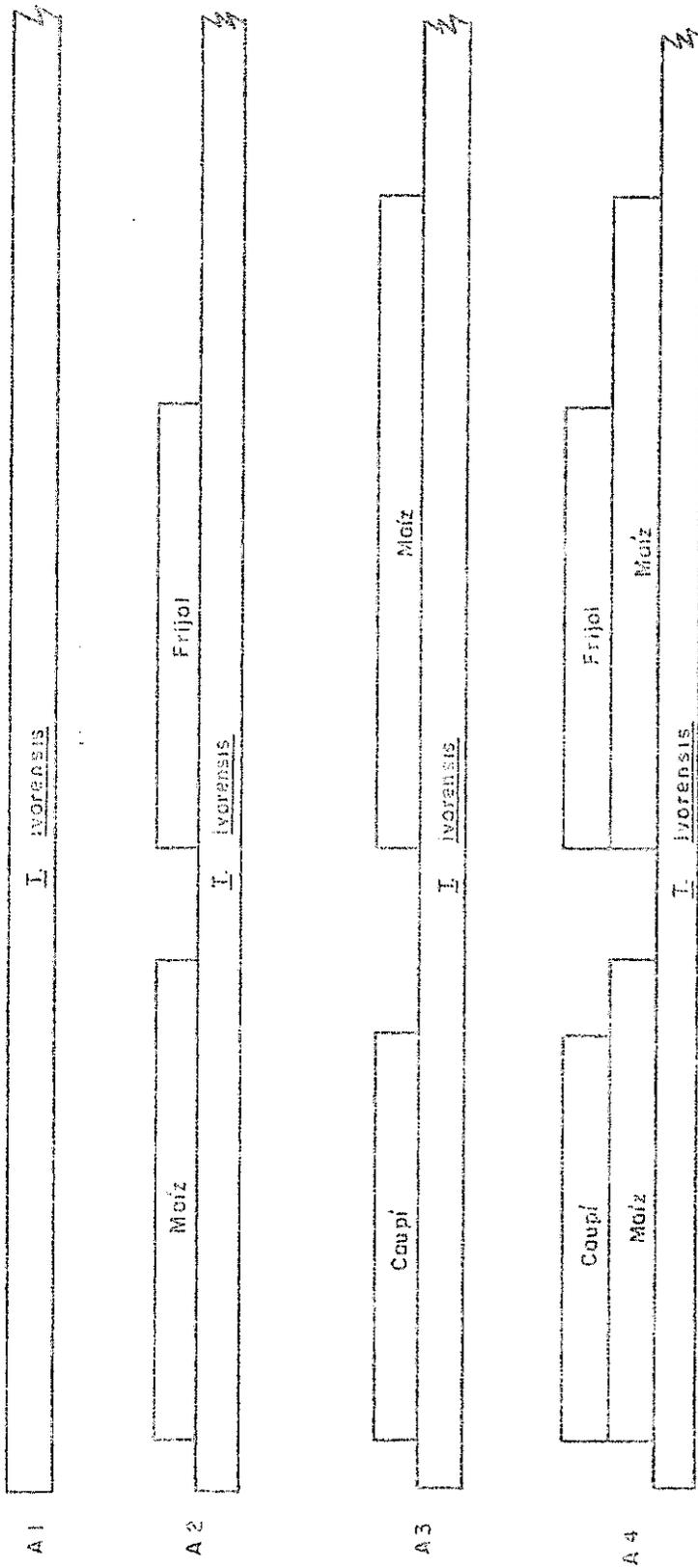
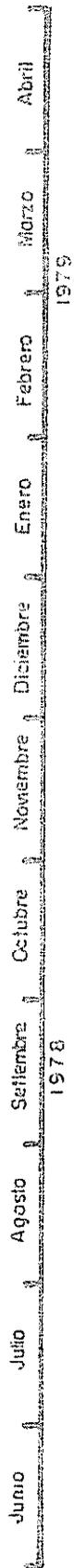


Fig. 4 Esquema de la distribución de los periodos de cultivo y plantación en el tiempo

3.5 Obtención y preparación de los materiales de trasplante

El material de trasplante se ha obtenido del viver forestal del CATIE. Las plántulas al momento de ser arrancadas de los bancales tenían seis meses de edad y median 85 cm de altura promedio, con 1,2 cm de diámetro basal promedio.

Las semillas utilizadas en el vivero se recolectaron de uno de los árboles de *T. ivorensis* plantados en la prueba de procedencias hace 10 años; estos árboles están localizados en el sector denominado Bajo San Lucas, propiedad del CATIE.

3.5.1 Plantón

El plantón es un material de trasplante conocido como "stripling". Es un brinzal a raíz desnuda obtenido del vivero, despojado de hojas y a veces con las raíces podadas antes de su plantación de asiento (Fig. 5).

3.5.2 Pseudoestaca

La pseudoestaca o "stump" constituye otro tipo de material de trasplante. Es un vástago a raíz desnuda con el tallo cortado a la altura de 15 cm en relación al nivel del suelo, como se observa en la Figura 5.

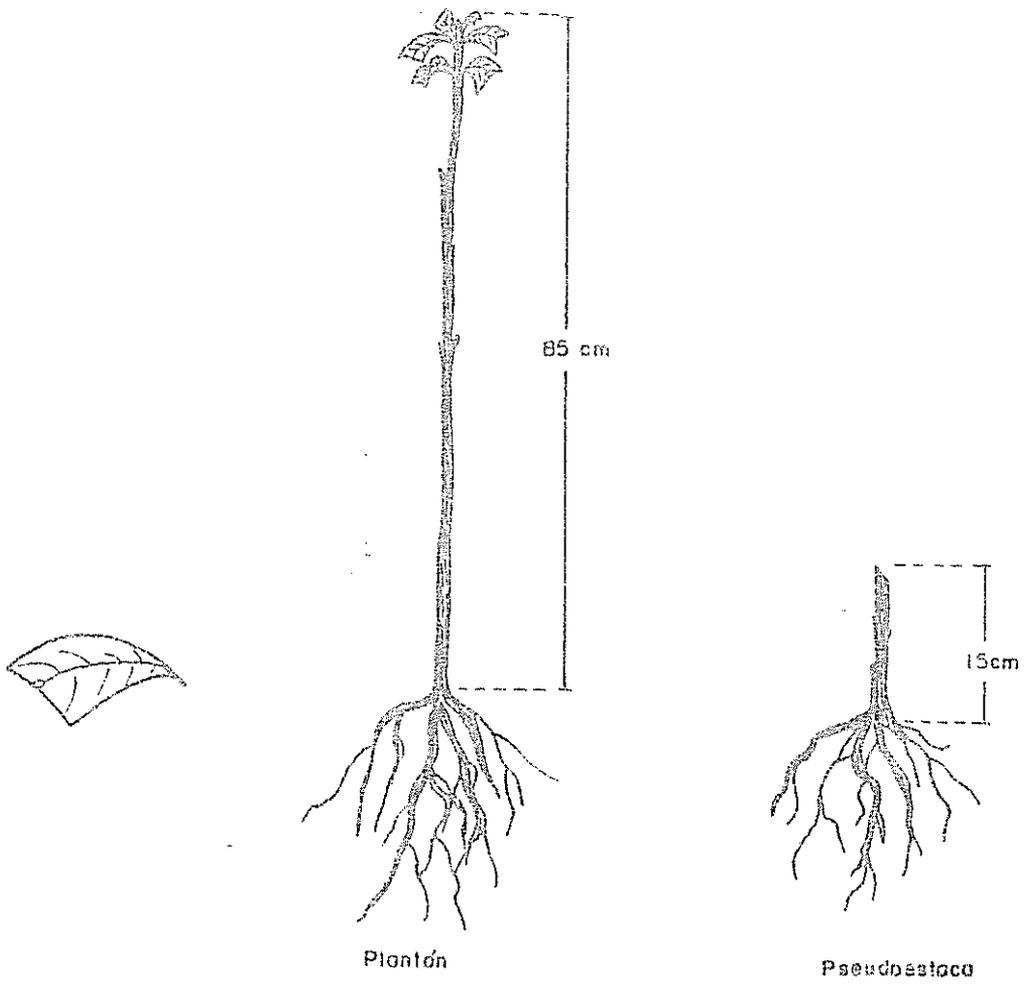


Fig. 5 Esquemas de los materiales de trasplante utilizados en el experimento

3.6 Elección de cultivos, espaciamentos y densidades de siembra

Los cultivos agrícolas elegidos para el presente experimento fueron: Maíz (*Zea mays* L.) variedad "Tuxpeño 1" planta baja, Caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp) variedad "MOH-5" y Frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) variedad "CATIE 1". Las semillas se han obtenido del banco de germoplasma del Programa de Cultivos Anuales del CATIE.

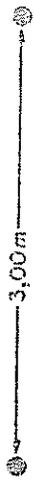
La especie forestal se trasplantó en marco real, distanciados de 3,0 x 3,0 m de espaciamento (1.111 árboles/ha); de modo que las parcelas mayores resultaron con 36 plantas y las subparcelas con 18.

La densidad de siembra para el maíz fue de 40.000 plantas/ha distanciados a 1 m entre surcos y 0,25 m sobre surcos. La densidad de siembra para las dos leguminosas fue de 100.000 plantas/ha distanciados a 0,50 m entre surcos y 0,20 m sobre surcos.

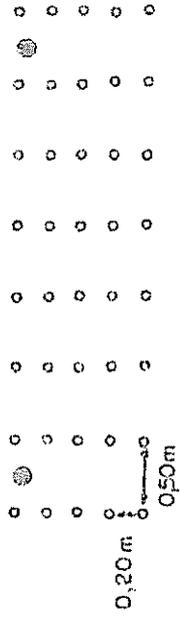
En la Figura 6 se observa la forma en que se distribuyen los cultivos y la especie forestal.

3.7 Plantación siembra y cuidados culturales

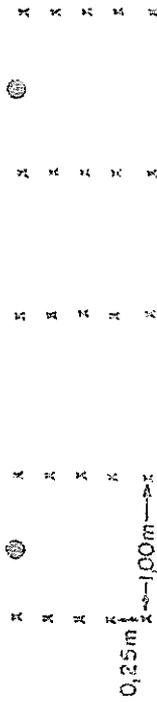
La preparación de plántones y pseudoestacas en el vivero se realizó de 6 a 7 a.m., y el trasplante se efectuó inmediatamente, en forma manual, bajo un cielo parcialmente nublado. La operación concluyó a las 11 a.m. del mismo día. Las plantas no recibieron tratamientos especiales, más bien se manejaron en forma rústica.



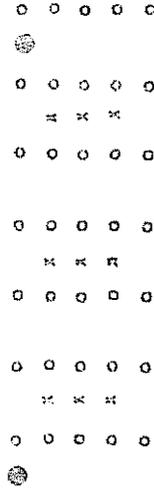
I. ivorensis sin asoció



I. ivorensis + Coupl'o Frijol



I. ivorensis + Maiz



I. ivorensis + Maiz + Coupl'o Frijol

LEYENDA

- I. ivorensis
- x x x Maiz
- o o o o Coupl'o Frijol

Fig. 6 Esquema de distribución de plantas de los cuatro tratamientos en surcos y en líneas

Diez días después de la plantación se inició la siembra del maíz y del caupí en forma simultánea, utilizando el espeque (*). Momentos antes de la siembra, las semillas fueron tratadas con Aldrin en polvo al 2,5%.

Las labores culturales consistieron básicamente en control de malezas y plagas. El control de malezas se hizo en forma manual; en las parcelas con caupí se realizaron dos deshierbas, a los 20 y 50 días después de la siembra.

El cultivo del caupí fue intensamente atacado por la "vaquita" (*Diabrotica* sp.). Esta plaga se controló parcialmente con aspersiones periódicas cada 15 días, utilizando Elokron, Metil Parathion y Sevin.

El deshierbe en el cultivo de maíz se efectuó solo una vez, y se aplicaron dos aspersiones contra el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Las parcelas con plantación sin asocio se deshierbaron en tres oportunidades durante todo el período experimental.

Para el segundo período de cultivo agrícola fue necesario levantar toda la hojarasca y desechos del cultivo anterior, y acomodar en cordones dentro de las parcelas siguiendo curvas de nivel para evitar la erosión.

Las labores culturales del segundo período agrícola fueron casi similares a las del período anterior; con la diferencia de que

(*) Herramienta tradicional utilizada para la siembra

las parcelas con frijol fueron tratadas con Ortho-B para reducir el ataque de babosas (*Agrolimax reticulatus*).

La incidencia de los pájaros sobre el cultivo del maíz se controló con la ayuda de zopilotes (*Coragyps atratus*), que al hallarse presentes en el área para comer carne en descomposición, colocadas previamente en lugar estratégico, auyentaron a los pájaros.

3.8 Registro de datos de la plantación forestal

Las lecturas de los diferentes parámetros de la plantación forestal se efectuaron en forma mensual desde agosto 1978 hasta abril 1979. Para el efecto se midieron 16 plantas por parcela, o sea 8 por subparcela, sin considerar las plantas del contorno para evitar los efectos de borde.

3.8.1 Sobrevivencia

El registro de sobrevivencia se hizo contando el número de plantas vivas por subparcela. Para estimar la sobrevivencia se practicaron dos lecturas; la primera lectura se efectuó a los 30 días del trasplante con el objeto de reemplazar las fallas, y la segunda lectura a los 10 meses. Para la evaluación de sobrevivencia no se tomaron en cuenta las plantas reemplazadas.

3.8.2 Altura

La altura de la planta se registró a partir del tercer mes del trasplante, utilizando una regla graduada cada 5 cm.

3.8.3 Diámetro basal

Debido a la dificultad de medir el diámetro basal en los brotes laterales de los pseudoestacas; este dato se comenzó a registrar a partir del 4 mes del trasplante; previamente se eligió la rama más vigorosa, luego se marcó el punto de medición a 20 cm de altura en relación al nivel del suelo, las otras ramas laterales se podaron.

La medición se efectuó con una regla Vernier de 1/10 mm de precisión.

3.8.4 Diámetro de copa

Este dato se comenzó a medir conjuntamente con el diámetro basal, utilizando una regla graduada cada 5 cm. Para registrar el dato se midió dos veces en cruz la proyección vertical de la copa, luego se anotó el promedio.

3.9 Registro de datos del sector agrícola

3.9.1 Biomasa

Para evaluar la biomasa de los dos cultivos agrícolas, previamente se estimaron los porcentajes de fallas a los 30 días de la siembra. Posteriormente se tomaron muestras de tres plantas de maíz por subparcela; la parte foliar en la época de la floración, y el fruto en la época de fructificación. Estas muestras se secaron en estufa a 70°C por 24 y 36 horas, hasta obtener peso constante. La biomasa se estimó relacionando los datos de peso seco de las muestras con la densidad de plantas, expresando el resultado en Ton/ha.

Para estimar la biomasa del caupí y frijol se tomaron muestras de seis plantas por subparcela. El resto del procedimiento fue similar al del maíz.

3.9.2 Rendimientos

3.9.2.1 Maíz

Para evaluar el rendimiento del cultivo de maíz se estableció como área muestreable 30 m² por subparcela consistente en 6 surcos de 5 m c/u, localizados en forma alterna entre los demás surcos.

El rendimiento para el primer período agrícola se evaluó en forma de mazorcas frescas comercializables (elotes), y para el segundo período se evaluó en forma de grano seco, ajustado al 12% de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$P_f = \frac{P_h (100 - H_o)}{(100 - H_f)}$$

Donde:

P_f = Peso de los granos con la humedad deseada

H_f = Porcentaje de humedad deseada

H_o = Porcentaje de humedad de los granos

3.9.2.2 Caupí y frijol

El rendimiento del caupí y luego del frijol se estimó sobre un área efectiva de 20 m² por subparcela, consistente en 4 pares de surcos de 5 m de largo cada par.

La cosecha del caupí en el primer período y del frijol en el segundo, se hizo en forma de grano, ajustado al 12% mediante la fórmula anterior.

3.10 Costos de plantación

Los costos de plantación se evaluaron sobre la base de gastos en mano de obra e insumos utilizados en cada tratamiento, así como los ingresos percibidos por la venta de los productos agrícolas. No se tomaron en cuenta los costos fijos de administración ni de transporte.

3.11 Análisis de la información

3.11.1 Prueba de diferencia de medias

Para parcelas mayores:

$$H_0 : U_1 = U_2, U_3, U_4$$

$$H_a : U_1 \neq U_2, U_3, U_4$$

Donde:

$$U_1, \dots, U_4 = \text{Promedios de tratamientos de parcelas mayores}$$

Para subparcelas:

$$H_0 : U_1 = U_2$$

$$H_a : U_1 \neq U_2$$

Donde:

$$U_1 \text{ y } U_2 = \text{Promedios de tratamientos de subparcelas}$$

3.11.2 Análisis de varianza

Los datos de sobrevivencia, altura, diámetro basal y diámetro de copa de *T. ivorensis*, así como los rendimientos de los cultivos agrícolas, se analizaron como parcelas divididas de acuerdo al siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = U + B_1 + (TA)_j + E_{ij} + (Tb)_k + (Ab)_{jk} + F_{ijk}$$

Donde:

$$Y_{ijk} = \text{Variable de respuesta}$$

- U = Media general
- B_1 = Efecto de bloque "i" (1 r)
- $(TA)_j$ = Efecto de asociaciones "j" (1 t)
- E_{ij} = Error (a)
- $(Tb)_k$ = Efecto de tipo de material de trasplante "k"
(1 n)
- $(Ab)_{jk}$ = Efecto de interacción
- F_{ijk} = Error (b)

Para la prueba de significación se usó la tabla F de Fisher; luego se comparó las medias de tratamientos mediante la diferencia mínima significativa.

3.11.3 Regresión lineal

Para estimar el comportamiento de una variable con respecto a otra, se efectuó el análisis de regresión lineal de acuerdo a la siguiente función:

$$Y_i = b_0 + b_1 X_1$$

Donde:

Y_i = Variable dependiente

X_i = Variable independiente

b_0 = Origen de la regresión

b_1 = Coeficiente de regresión

4. RESULTADOS

4.1 Plantación forestal

Después del trasplante, el plantón y la pseudoestaca iniciaron el proceso de adaptación al nuevo ambiente. Las características más sobresalientes observadas durante los primeros 30 días del trasplante fueron las siguientes:

El plantón no pudo mantener en forma erecta su brote terminal por estar constituido de tejido tierno poco lignificado; en la mayoría de las plantas se llegaron a doblar. A los 30 días del trasplante, algunos no habían superado todavía la etapa de adaptación; en cambio, el comportamiento de la pseudoestaca fue diferente; este material comenzó a emitir brotes a los 15 días del trasplante. A los tres meses de edad se observó que en cada pseudoestaca se proyectaban de 3 a 5 brotes laterales en dirección vertical, de los cuales se eligió el más vigoroso y los demás se podaron.

En las pseudoestacas asociadas con caupí se observó un caso particular cuando se aplicaba el insecticida fosforado Metil Parathion; las hojas se tornaron amarillentas y algunas pseudoestacas se defoliaron totalmente, pero después de varios días comenzaron a emitir nuevamente otras hojas.

4.1.1 Sobrevivencia

Los resultados del primer registro de sobrevivencia, efectuados a los 30 días después del trasplante, fueron de 75% para el plantón y 96% para la pseudoestaca.

A los 10 meses se tomó otra lectura de sobrevivencia. Los datos, incluyendo el análisis de varianza, se presentan en el Cuadro A3.

Los resultados del análisis indican que existen diferencias significativas al nivel de 1% de probabilidad para el efecto de las variables planton y pseudocstaca, no se manifiestan diferencias estadísticas significativas para los demás factores.

En el Cuadro 2 se presentan los promedios de porcentajes de sobrevivencia registrados a los 10 meses de edad. Comparando los promedios de b_1 y b_2 se nota la superioridad del b_2 que corresponde a la pseudoestaca con 95% de sobrevivencia, en cambio el planton sólo registró 57%.

4.1.2 Crecimiento en altura

Los datos de crecimiento en altura, expresado en **cm**, se han obtenido por diferencia entre la primera medición, del 30 de setiembre de 1978, y la última medición el 30 de abril de 1979. Estos datos incluyendo el análisis de varianza, se presentan en el Cuadro A4.

Los resultados del análisis indican que existen diferencias significativas al nivel de 1% de probabilidad para los siguientes factores: efecto de asociaciones, efecto de las variables plantón y pseudoestaca y para la interacción.

En el Cuadro 3 se presentan los promedios de incremento en altura registrado en los diferentes tratamientos, con la especificación de la DMS (diferencia mínima significativa) para comparar los promedios. En este Cuadro se observa que los mayores incrementos corresponden a los tratamientos A_2 , A_3 y A_4 con 67,15, 52,93 y 53,80 cm de incremento respectivamente; en cambio el tratamiento A_1 , que consiste en plantación sin asocio, logró incrementar solo 34,38 cm.

En relación a las subparcelas, es decir, a las variables planton y pseudoestaca, los incrementos fueron de 34 y 70 cm respectivamente. Esta diferencia se mantiene en todos los niveles de tratamientos.

En el Cuadro A_5 se presentan los incrementos promedio acumulados de crecimiento en altura, registrados en los diferentes tratamientos. La altura promedio alcanzada a los 10 meses de edad fue de 118 cm para las plantaciones asociadas con cultivos agrícolas y 93 cm para la plantación sin asocio. El mayor incremento en altura se registró con el tratamiento A_2 , que alcanzó 123 cm, el cual representa 25% mayor que el A_1 . Con respecto a las variables plantón y pseudoestacas, a los 10 meses alcanzaron a medir 121 y 100 cm respectivamente. Utilizando los promedios de estas variables se estimó la regresión simple

Cuadro 2. Porcentajes de sobrevivencia de *T. ivorensis* registrados a los 10 meses de edad.

Subparcelas	-----Parcelas-----				Promedios
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	
b ₁	57,5	50,0	55,0	65,0	56,87
b ₂	97,5	97,5	95,0	90,0	95,00
Promedio	77,5	73,7	75,0	77,5	75,90

Cuadro 3. Incrementos promedio en altura de *T. ivorensis* en cm y comparación de medias basado en la DMS.

Subparcelas	-----Parcelas-----				Promedios
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	
b ₁	21,68	45,62	31,20	38,04	34,13
b ₂	47,08	68,68	74,66	69,56	69,99
Promedio	34,38	67,15	52,93	53,80	52,06

DMS: Para factor A = 14,4 cm; para factor b = 6,77; para interacción = 13,57 cm.

de crecimiento en altura en relación a la edad, cuyos datos se presentan en el Cuadro A6 y la Figura 7 muestra las tendencias de las líneas de regresión.

4.1.3 Crecimiento en diámetro basal

El crecimiento en diámetro basal se analizó en base a los incrementos registrados durante el período de mediciones, de noviembre 1978 a abril de 1979. Los datos incluyendo el análisis de varianza se presentan en el Cuadro A7.

Los resultados del análisis indican que existe diferencias significativas al nivel de 1% de probabilidad tanto para el efecto de asociaciones así como para el efecto de las variables plantón y pseudoestaca.

En el Cuadro 4 se registran los incrementos promedio de crecimiento en diámetro basal para los diferentes tratamientos con especificación de la DMS. Comparando los promedios de las asociaciones se observa que el mayor incremento corresponde al tratamiento A_2 , con 1,92 cm, los tratamientos A_3 y A_4 registran 1,31 y 1,39 cm respectivamente. Finalmente el tratamiento A_1 , que consiste en plantación sin asocio logró incrementar 0,68 cm, considerado como el más bajo. En relación a las variables plantón y pseudoestaca, se observa que el mayor incremento corresponde a la última, con 1,43 cm comparada con la primera con 1,22 cm.

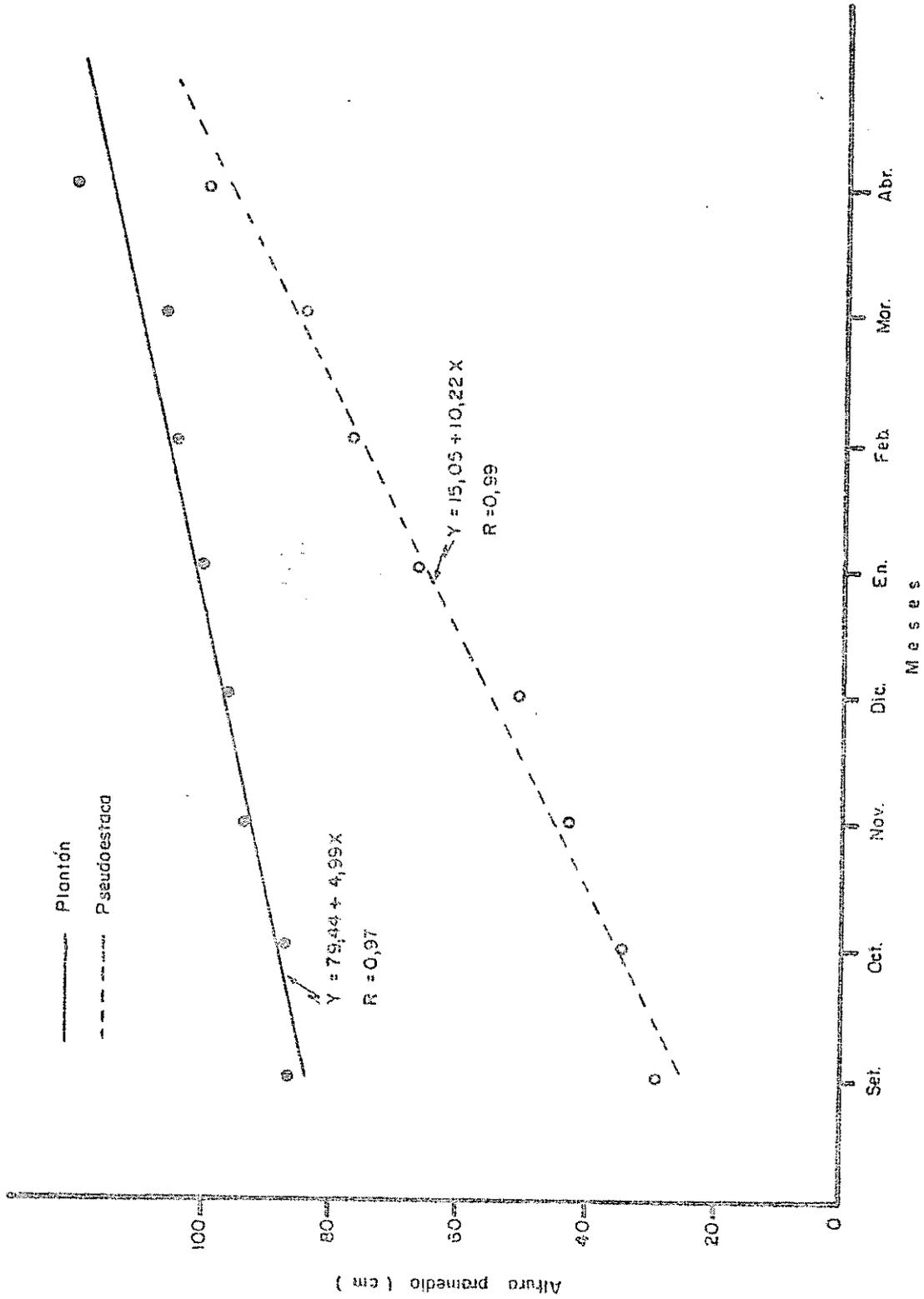


Fig.7 Regresión simple entre altura promedio y edad en meses en Terminalia ivorensis

En el Cuadro A8 se registran los promedios de crecimiento acumulado de diámetro basal; basado en dichos promedios se estimó la regresión simple, cuya fórmula y los datos estimados se presentan en el Cuadro A9. El crecimiento en diámetro basal para plantón y pseudoestaca es casi uniforme en relación al tiempo (Fig. 8).

4.1.4 Crecimiento en diámetro de copa

En el Cuadro A10 se presentan los datos correspondientes al crecimiento en diámetro de copa, incluyendo el análisis de varianza. Los resultados del análisis indican que existe diferencia significativa al nivel de 1% de probabilidad solo para el efecto de las asociaciones. Para los demás factores no existe significación estadística.

En el Cuadro 4 se registran los incrementos promedios de diámetro de copa de los diferentes tratamientos. Comparando los promedios de este Cuadro se observa que el crecimiento en diámetro de copa tiene comportamiento análogo al crecimiento en diámetro basal. El mayor incremento corresponde al tratamiento A₂, con 93,43 cm, los tratamientos A₃ y A₄ tienen 60,43 y 62,21 cm respectivamente, por último el tratamiento A₁ registra 26,56 cm de incremento.

El Cuadro A11 contiene los promedios de crecimiento acumulado de diámetro de copa de *T. livorensis*. Basado en dichos promedios se estimó la regresión simple, cuyos datos se presentan en el Cuadro A12. El comportamiento de las líneas de regresión se presentan en la Figura 9. Estas líneas indican que la formación de la copa es similar para el plantón y para la pseudoestaca.

Cuadro 4. Incrementos promedio de diámetro basal y diámetro de copa de *T. ivohensis* en cm y comparación de medias basado en DMS.

Parcelas	-----Diámetro basal-----			-----Diámetro de copa-----		
	--Subparcelas-- b ₁	b ₂	Promedio	--Subparcelas-- b ₁	b ₂	Promedio
A ₁	0,581	0,788	0,684	23,06	30,06	26,56
A ₂	1,806	2,027	1,916	92,64	94,22	93,43
A ₃	1,186	1,443	1,314	60,34	60,52	60,43
A ₄	1,302	1,477	1,389	64,96	59,46	62,21
Promedio	1,219	1,434	1,326	60,25	61,08	60,65

DMS = Para diámetro basal: Factor A = 0,50 cm; factor b = 0,10 cm.

DMS = Para diámetro de copa: Factor A = 26,48 cm.

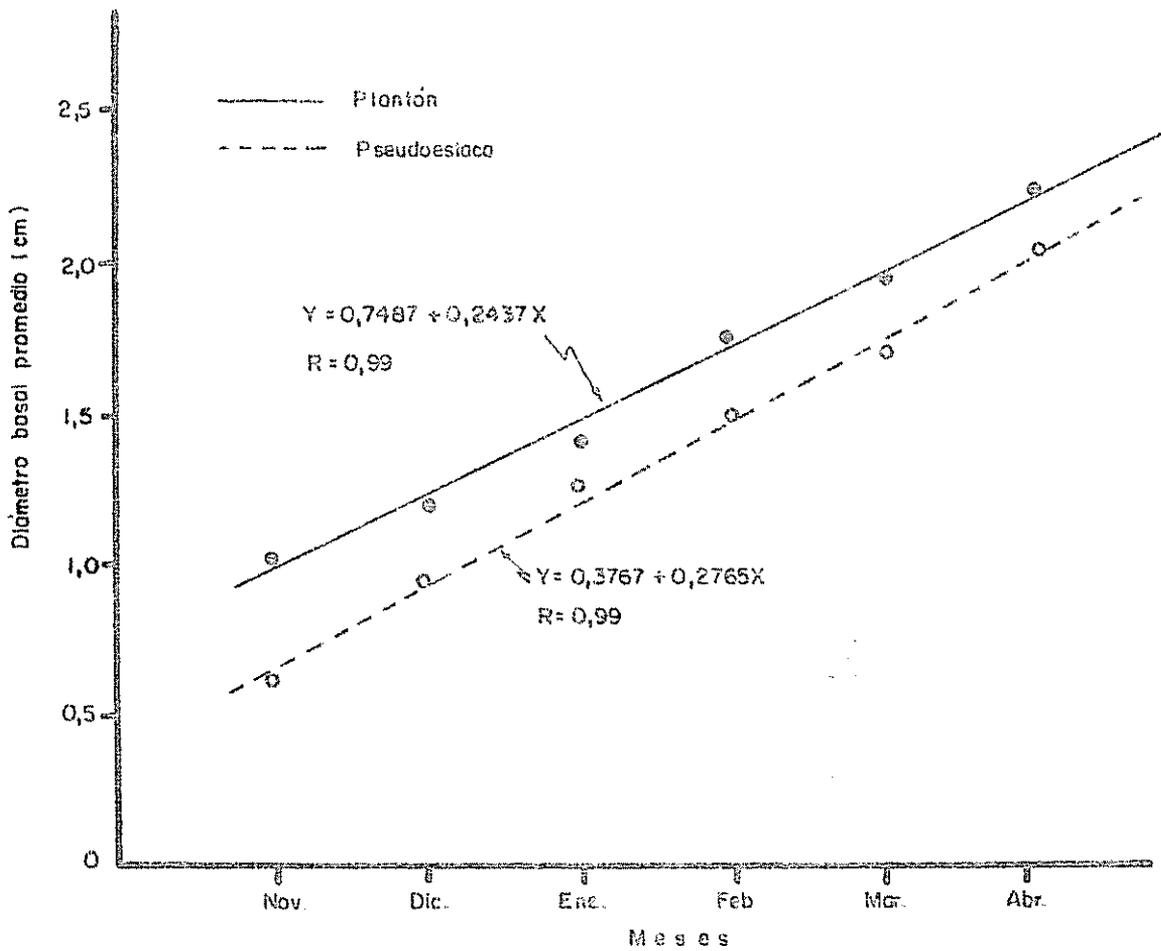


Fig. 8 Regresión simple entre diámetro basal y edad en meses en Terminalia ivorensis

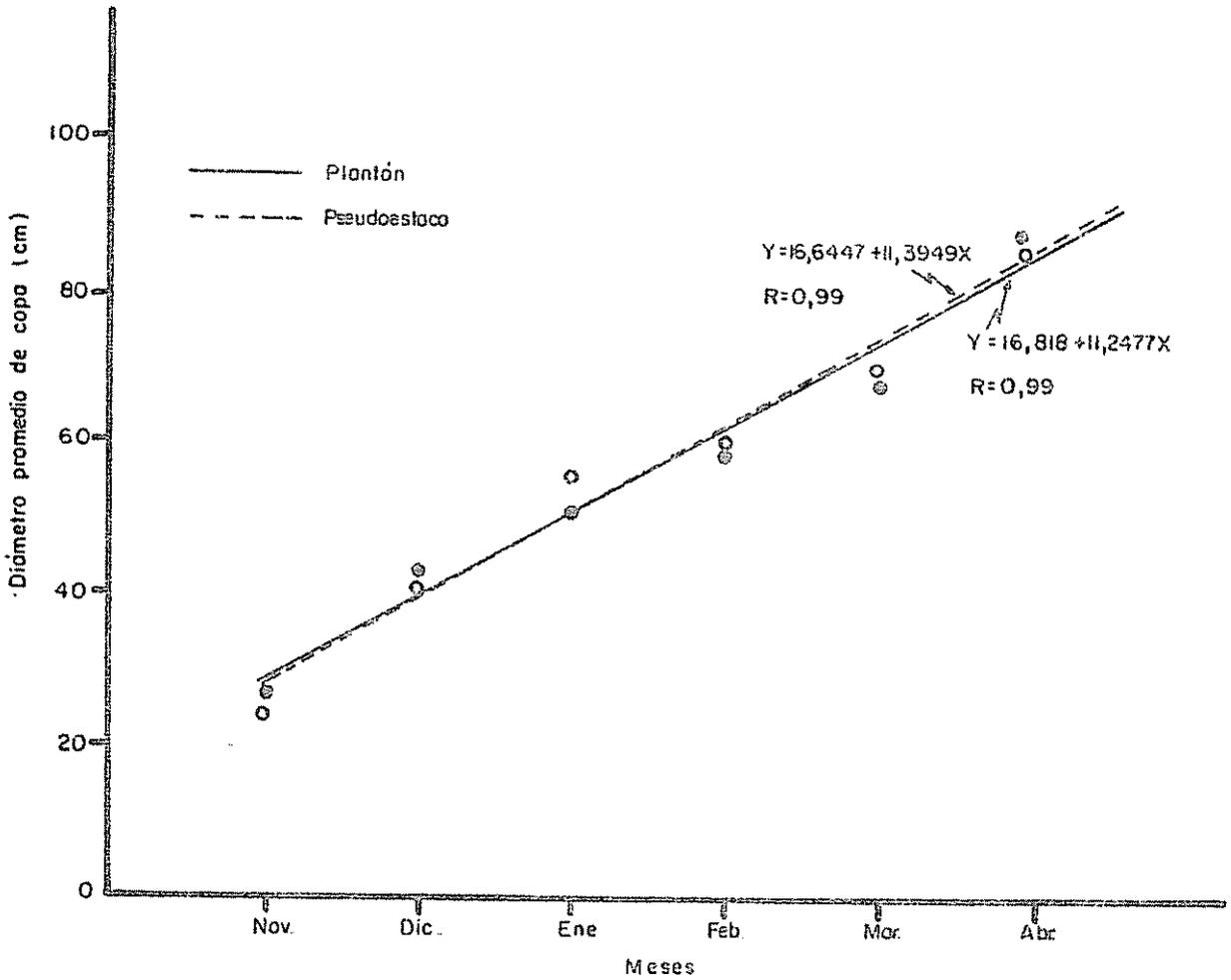


Fig. 9 Regresión simple entre diámetro de copa y edad en meses en Terminalia ivorensis

4.2 Cultivos agrícolas asociados con *T. ivorensis*

4.2.1 Rendimiento y producción de biomasa del maíz

El maíz se sembró el 6 de julio de 1978 a los 7 días comenzó a germinar en forma regular, 30 días después fué necesario constatar el porcentaje de fallas para evaluar la biomasa del cultivo.

La floración se inició a los 60 y la maduración a los 95 días después de la siembra.

En relación al ataque de plagas y enfermedades no se registraron problemas de consideración. Los brotes esporádicos del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) fueron oportunamente controladas con aspersiones de Sevin.

La cosecha de la primera siembra se efectuó en mazorcas frescas (elotes) el 10 de octubre de 1978, cuando las plantas tenían 95 días de sembrados.

La segunda siembra se inició el 10 de noviembre de 1978 y se cosechó en grano, el 28 de marzo de 1979.

Los datos de rendimiento de productos cosechables correspondientes a los dos períodos agrícolas se presentan en el Cuadro A13. Los resultados del análisis del primer período agrícola indican que existe diferencias significativas al nivel de 1% de probabilidad para el efecto de asociaciones; para los demás factores no existen diferencias estadísticas significativas. Los resultados del análisis del segundo período agrícola no muestran significación estadística para ninguno de los factores estudiados.

Los datos de producción de biomasa, para los 2 períodos agrícolas, se presentan en el Cuadro A14. Los resultados del análisis de varianza, contemplados en este Cuadro, indican que existen diferencias significativas a niveles de 1 y 5% de probabilidad para el primero y segundo período de cultivos agrícolas respectivamente, solo para efecto de asociaciones.

En el Cuadro 5 se registran los promedios de producción de biomasa y rendimiento de productos cosechables. Comparando los promedios de las parcelas principales se nota que hay diferencias; es decir, la producción de biomasa y rendimiento de productos fueron mayores en las parcelas A_2 y A_3 en cada período agrícola, en cambio las parcelas del A_4 registraron bajos promedios de rendimiento.

4.2.2 Rendimiento y producción de biomasa de caupí y frijol

Durante el primer período el caupí fué intensamente atacado por la "vaquita" (*Diabrotica* sp.). Esta plaga se controló a base de aspersiones periódicas de insecticidas. Durante el segundo período agrícola el frijol sufrió ataque intenso de babosas (*Agrotis* sp.); para controlar esta plaga se utilizó Ortho-B en afrecho; pero los días lluviosos que acompañaron a la aplicación de este producto, mermaron su efectividad. La incidencia de la babosa surgió de los cordones de hojarasca que se dejaron en las parcelas; posteriormente se retiraron estos desechos, sólo de ese modo se logró reducir el ataque.

Cuadro 5. Rendimientos promedios de Biomasa y productos cosechables de maíz, asociado con *T. livorensis* en los dos períodos agrícolas .

Primer Período

Subparcela	-----Biomasa Tn/ha----- Parcela			-----Rendimiento (*):----- Parcela		
	A ₂	A ₄	Promedio	A ₂	A ₄	Promedio
b ₁	4,262	3,215	3,739	10,466	7,266	8,866
b ₂	3,935	3,316	3,626	11,000	6,399	8,699
Promedio	4,099	3,266	3,682	10,733	6,833	8,783

Segundo Período

Subparcela	-----Biomasa Tn/ha----- Parcela			-----Rendimiento kg/ha----- Parcela		
	A ₃	A ₄	Promedio	A ₃	A ₄	Promedio
b ₁	4,285	3,194	3,740	1,073	771	897
b ₂	4,507	3,486	3,996	1,133	797	965
Promedio	4,396	3,339	3,867	1,078	784	931

(*) Rendimiento evaluado en mazorcas (elotes)

Las enfermedades fungosas no fueron de consideración, razón por la que no se hizo ningún tratamiento particular.

Los rendimientos de los dos cultivos en los dos períodos agrícolas se evaluaron en kg/ha de grano seco. Los datos de rendimiento y análisis de varianza para el caupí y para el frijol se presentan en el Cuadro A15. Para los dos cultivos, los resultados del análisis indican que existe diferencias significativas al nivel de 1% de probabilidad para efecto de asociaciones; para las demás variables no se observan diferencias estadísticas significativas.

Los datos de producción de biomasa del caupí y frijol se presentan en el Cuadro A16. Los resultados del análisis de varianza para el caupí indican que existe diferencias significativas al nivel de 1% de probabilidad para el efecto de asociaciones; en cambio para el frijol no se manifiesta diferencia significativa para ninguno de los factores estudiados.

Los rendimientos promedios de grano y producción de biomasa del caupí y frijol se presentan en el Cuadro 6. Comparando los promedios se observa que las parcelas A_3 en el primer período agrícola y A_2 en el segundo lograron mayores rendimientos, tanto en grano así como en producción de biomasa; en cambio para el tratamiento A_4 , los rendimientos fueron bajos en ambos períodos agrícolas. Se aclara que en este último tratamiento se asociaron *T. ivorensis* con maíz, caupí o frijol simultáneamente.

Cuadro 6. Rendimientos promedio de biomasa y grano de caupí y frijol asociados con *T. ivorensis* en los dos períodos agrícolas.

Primer Período (Caupí)

Subparcelas	-----Biomasa (Tn/ha)-----			-----Rendimiento (kg/ha)-----		
	Parcelas			Parcelas		
	A ₃	A ₄	Promedio	A ₃	A ₄	Promedio
b ₁	1,595	0,659	1,127	549,2	202,0	375,6
b ₂	1,410	0,598	1,004	466,2	192,6	329,4
Promedio	1,503	0,629	1,065	507,7	197,3	352,5

Segundo Período (Frijol)

Subparcelas	-----Biomasa (Tn/ha)-----			-----Rendimiento (kg/ha)-----		
	Parcelas			Parcelas		
	A ₂	A ₄	Promedio	A ₂	A ₄	Promedio
b ₁	1,115	0,561	0,838	443,6	158,2	300,9
b ₂	1,062	0,497	0,780	424,4	133,0	278,7
Promedio	1,089	0,529	0,809	434,0	145,6	289,8

Los promedios de las subparcelas b_1 y b_2 no acusan diferencias notorias, aunque se observa una ligera elevación en favor de la subparcela b_1 , que corresponde al plantón.

4.3 Evaluación económica

El análisis económico del presente experimento consiste en evaluar el costo de establecimiento de la especie forestal en cada uno de los cuatro tratamientos utilizados, tres de ellos con asocio y uno sin asocio como testigo.

Para el presente estudio se consideraron solamente los costos variables, consistentes en mano de obra e insumos utilizados. No se tomaron en cuenta los costos fijos, tales como el alquiler del terreno, intereses del capital y gastos de administración.

El período considerado para esta evaluación es de 10 meses, desde el inicio de la plantación, junio de 1978, hasta la última observación, abril de 1979.

En los Cuadros A17 y A18 se presentan los datos relativos a los costos de mano de obra e insumos utilizados, respectivamente; y en el Cuadro A19 se registran los ingresos brutos obtenidos por la venta de los productos agrícolas. Con los datos de los cuadros anteriores se ha elaborado el Cuadro 7, donde se presenta un resumen de ingresos y egresos, a través de cuya diferencia se llega a obtener el valor del costo de plantación. Estos resultados indican que los costos de plantación son diferentes para cada tratamiento. El costo de plantación

más bajo se obtiene con el tratamiento A_2 , donde *T. ivorensis* se asocia con maíz en rotación con frijol. Los costos de plantación para los tratamientos A_1 , plantación sin asocio, y A_3 , plantación asociada con caupí en rotación con maíz, son casi similares. El costo de plantación más elevado se registra en el tratamiento A_4 , debido a gastos en mano de obra.

Analizando el aspecto económico a nivel de pequeño agricultor, donde todo el grupo familiar participa en las labores culturales sin percibir el salario efectivo, los costos corresponden solo a los insumos utilizados en el sistema de plantación asociado con cultivos. Por lo tanto al establecer otra relación de ingresos y egresos, sin tomar en cuenta los gastos en mano de obra, se llega a obtener el ingreso neto para cada sistema, el cual puede constituir el ingreso familiar del pequeño agricultor. Los datos se presentan en el Cuadro A20.

Cuadro 7. Resumen de ingresos y egresos en colones (*) en los diferentes tratamientos, referidos para una hectárea de plantación forestal.

Concepto	-----Tratamientos-----			
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
<u>Ingresos:</u>				
Venta de productos Agrícolas	---	7.539,50	4.133,50	6.460,80
<u>Egresos:</u>				
Mano de obra	3.124,87	7.558,50	6.885,00	10.971,37
Insumos	555,50	990,50	884,50	1.079,50
<u>Costos de Plantación:</u>				
	3.680,37	1.012,50	3.636,00	5.590,07

(*) Un dólar americano = Ø8.54

5. DISCUSION

5.1 Comportamiento de la especie forestal

El crecimiento de *T. ivorensis* en plantación sin asocio y en plantación asociada con cultivos agrícolas, durante el período experimental, presentó las siguientes características:

5.1.1 Sobrevivencia

A los 30 días del trasplante se observaron diferencias notables en el comportamiento de plantones y pseudoestacas, no obstante ambos materiales tenían seis meses de edad y procedían del mismo bancal de vivero.

En el primer registro de sobrevivencia, el plantón presentó 75% de sobrevivencia y la pseudoestaca, 96%.

El menor porcentaje de sobrevivencia experimentado por el plantón se atribuye posiblemente el desequilibrio fisiológico ocasionado por el proceso del trasplante, y quizás a la influencia de los rayos solares, viento y animales en su nuevo ambiente. Se observó por ejemplo, que los pájaros al posarse sobre los plantones dañaban el brote terminal, ya que el material de vivero era bastante tierno con el tallo escasamente lignificado. La alta densidad de plantas de *T. ivorensis* repicadas a los bancales del vivero, posiblemente no permitió que el tallo adquiriera la consistencia necesaria.

Este bajo porcentaje del plantón descendió aún más al final del período experimental, registrando 57%; en cambio, la pseudoestaca se mantuvo casi en sus niveles iniciales, o sea 95% (Cuadro 2).

Durante los tres primeros meses después de la plantación, de junio a agosto, la lluvia estuvo regularmente distribuída con un promedio mensual de 223,3 mm. Esta condición favoreció la sobrevivencia de los materiales de trasplante. Fernández (20) trasplantando pseudo-estacas de *Gmelina arborea* en el mes de mayo, logró entre 99 y 100% de sobrevivencia.

5.1.2 Crecimiento

Observando los Cuadros 3 y 4 del Capítulo anterior se nota que existen diferencias en crecimiento entre plantaciones asociadas con cultivos y plantaciones sin asocio.

Los factores que contribuyeron para que las plantaciones asociadas con cultivos logren mayores incrementos son posiblemente de carácter agronómico; es decir, las labores culturales aplicadas a los cultivos agrícolas beneficiaron a la plantación forestal.

Comparando los tratamientos de plantaciones asociadas (A_2 , A_3 y A_4), se observa que la plantación asociada con maíz en rotación con frijol (A_2), presenta los mayores incrementos para todas las variables estudiadas. Este comportamiento es posible atribuir a la rotación de maíz con frijol que fué aplicado como tratamiento; es decir, el asocio

con maíz durante el primer período agrícola permitió a las plantas de *T. ivorensis* adaptarse bajo una adecuada protección, sin que aún se produzca competencia en el asocio; durante el segundo período agrícola el frijol además de permitirle amplia luminosidad, pudo haber enriquecido el contenido de N del suelo.

Los tratamientos A_3 y A_4 no alcanzaron los niveles de crecimiento de A_2 . Este resultado se puede relacionar con la presencia del maíz en el segundo período agrícola, con el cual *T. ivorensis* pudo haber establecido ligera competencia. Esta posibilidad se basa en la presencia de mayor cantidad de biomasa en los tratamientos A_3 y A_4 que fueron de 4,4 y 3,9 Tn/ha respectivamente comparados con el tratamiento A_2 , en el cual llegó a 1 Tn/ha, como se observan en los Cuadros 5 y 6 del Capítulo anterior.

El tratamiento A_1 , o sea la plantación sin asocio, registró el más bajo nivel de crecimiento. Las labores culturales aplicadas fueron diferentes, especialmente en relación al control de malezas. Solamente se practicaron tres deshierbes durante el período experimental; insuficientes para mantener limpias las parcelas. En consecuencia se observa que *T. ivorensis* es sensible a la competencia de malezas, principalmente de gramíneas.

Con respecto a las variables pseudoestaca y plantón, el crecimiento de la primera fue superior en todos los niveles de tratamientos comparado con la segunda. Es de suponer que la pseudoestaca se adaptó con mayor facilidad al nuevo ambiente que el plantón, ya que ambos recibieron las mismas influencias de los tratamientos aplicados.

Comparando las líneas de regresión de la Figura 7, en relación al crecimiento en altura, se observa que la pseudoestaca tiene la pendiente más pronunciada que el plantón. Si esta tendencia se mantiene, se espera que a los 12 meses de edad se igualen en altura.

El crecimiento de la copa de *T. ivorensis* en la fase de establecimiento presenta características particulares: las ramas laterales se acomodan en forma verticilada sobre el tallo principal, de allí se extienden horizontalmente para formar una copa casi circular. El brote principal permanece inactivo mientras se forma la copa, luego emprende crecimiento vertical hasta cierta altura para formar otro estrato de copa. Aspectos fenológicos como el presente deben estudiarse en etapas posteriores de crecimiento, relacionándolo con el medio ambiente.

Cada tratamiento ha debido influir en forma diferente sobre el crecimiento del diámetro de copa de *T. ivorensis*: por ejemplo, el tratamiento A_2 alcanzó 93 cm, en cambio los tratamientos A_3 y A_4 lograron 60 y 62 cm respectivamente y el A_1 solo llegó a 27 cm.

Las variables pseudoestaca y plantón se comportaron en forma similar en la formación de la copa, como se observa en la Figura 9.

Las lluvias entre enero y marzo descendieron a 47 mm de promedio mensual. Esta disminución afectó la plantación ocasionando defoliación parcial, especialmente en las parcelas con plantación sin asocio, donde posiblemente existió competencia de agua con las malezas.

5.2 Rendimiento de los cultivos agrícolas

En general los cultivos agrícolas empleados en el experimento presentaron bajos rendimientos comparado con otros resultados obtenidos en la zona (3, 4, 39, 54).

Una de las causas principales que influyeron sobre los rendimientos fué probablemente la baja condición de fertilidad del suelo; según se observa en el análisis de suelo presentado en el Cuadro A₂. Por tanto se requería el uso de fertilizantes. No se fertilizó porque es común que el agricultor no fertilice sus plantaciones aunque utilice terrenos de baja fertilidad. Se trata de probar además, las características biológicas así como la rusticidad de la especie forestal en las condiciones descritas.

De acuerdo a los datos presentados en los Cuadros 5 y 6 del Capítulo anterior, los mayores rendimientos corresponden a las parcelas con tratamientos A₂ y A₃, en las cuales *T. ivorensis* se asocia con un solo cultivo en cada período agrícola; en cambio las parcelas con el tratamiento A₄ registran menores rendimientos, debido a la competencia entre *T. ivorensis* y los dos cultivos asociados en cada período agrícola.

En relación a la influencia de las variables pseudoestaca y plantón sobre el rendimiento de los cultivos asociados a la plantación forestal, los resultados del análisis de varianza muestran que no existen diferencias estadísticas significativas; por lo tanto, se podría afirmar que la especie forestal no afectó a la producción de los

cultivos; sin embargo, observando los promedios de los Cuadros 5 y 6 del capítulo anterior se nota que hay diferencias en rendimientos, así por ejemplo, para el maíz el promedio de rendimiento en la subparcela con plantón (b_1), durante el primer período fue de 8,866 mazorcas/ha y las subparcelas con pseudoestaca fué 8,699 mazorcas; durante el segundo período, el mayor rendimiento se registró en las subparcelas con pseudoestaca (965 kg/ha) y el menor rendimiento a las parcelas con plantón (897 kg/ha).

El caupí y frijol también mostraron diferencias en rendimiento de grano; los mayores rendimientos corresponden a las subparcelas con plantón.

5.3 Consideraciones económicas

Para analizar los costos de plantación se toma como base de comparación el costo alcanzado por el tratamiento A_1 , que corresponde a la plantación sin asocio. Las plantaciones asociadas con cultivos presentan costos diferentes, como se puede observar en el Cuadro 7. Por ejemplo el costo de plantación del tratamiento A_2 fue 73% menor en relación al A_1 , el costo del tratamiento A_3 fue casi similar al de A_1 por último el costo del tratamiento A_4 resultó ser 45% mayor que el de A_1 . Cabe mencionar que el costo del tratamiento A_4 es elevado, debido a la mano de obra utilizada en las labores culturales para atender los dos cultivos asociados simultáneamente en cada período agrícola.

Los ingresos provenientes de la venta de maíz fresco (elotes) en la primera cosecha redujeron los costos de plantación, principalmente en el tratamiento A_2 , ya que el producto llegó al mercado oportunamente para la venta a precio elevado.

En el Cuadro 7 se observa que entre 88 y 91% de los costos de plantación asociada con cultivos representan gastos en mano de obra. Por consiguiente, si la plantación se realiza utilizando mano de obra asalariada, podría resultar ventajoso solo en condiciones anotadas para el tratamiento A_2 . En cambio si la plantación se realiza a nivel de pequeño agricultor, donde no se hacen gastos en mano de obra, ocurre que siempre existen ingresos para plantaciones asociadas con cultivos; calificado como ingresos familiares, como se puede observar en el Cuadro A20. La diferencia en la cantidad de mano de obra empleada para cada tratamiento, y la diferencia de ingresos brutos percibidos hacen que el valor Teórico del Jornal sea también diferente entre A_2 y A_3 ó A_4 .

Cabe indicar que al valor Teórico del Jornal, falta agregar el valor de la plantación resultante, el cual sería el equivalente al costo de la plantación sin socio (A_1). La plantación sin socio tiene un costo inicial de 3,680 colones.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten formular las siguientes conclusiones:

1. De los materiales de trasplante utilizados en el experimento, la pseudoestaca demostró tener buen comportamiento tanto en sobrevivencia como en crecimiento comparado con el plantón. En consecuencia, las plantaciones de *T. ivorensis* en condiciones de Turrialba, Costa Rica, pueden ser realizadas utilizando pseudoestacas como material de vivero a los 6 meses de edad.

2. La plantación de *T. ivorensis* asociado con maíz en rotación con frijol, resultó ser el tratamiento más adecuado para el crecimiento de la especie forestal durante el período experimental de un año de observación.

3. Los rendimientos de los productos agrícolas utilizados en el experimento, fueron satisfactorios en las parcelas donde *T. ivorensis* se asoció con un solo cultivo agrícola; aún más el cultivo agrícola resultó ser más ventajoso para el crecimiento de la especie forestal cuando la carga de biomasa fue menor en el segundo período agrícola.

4. Los costos de plantación obtenidos en el experimento fueron ventajosos para el tratamiento A_2 , donde prácticamente el costo de mano de obra quedó equilibrada con los ingresos obtenidos por las ventas de los cultivos; por lo tanto los gastos casi correspondieron a solamente a los insumos utilizados.

5. La oportunidad de comercialización de productos agrícolas resultantes del asocio, deben guardar relación directa con la captación de productos en el mercado, como sucedió en esta investigación al cosechar maíz tierno (elotes) en el mes de octubre, época de poca disponibilidad del producto en el mercado.

6. Los métodos de plantación en asocio, utilizados en esta investigación, resultarán siempre ventajosos si se aplica a nivel de pequeño agricultor, debido a que además de producirle ingresos, obtendrá plantaciones forestales valiosas a bajo costo.

7. BIBLIOGRAFIA

1. ADEYOJU, S. K. Donde las reservas forestales mejoran la agricultura. *Unasyuva* 27(110):27-29. 1975.
2. AGUIRRE ASTE, V. Estudio de suelos del área del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1971. 138 p.
3. AGUIRRE CASTILLO, A. Comportamiento inicial de *Eucalyptus deglupta* asociado con maíz (Sistema Taungya), en dos espaciamientos con y sin fertilización. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1977. 130 p.
4. AGUIRRE CORRAL, A. Estudio silvicultural y económico del sistema Taungya en condiciones de Turrialba. *Turrialba, Costa Rica* 13(3):168-171. 1969
5. ANDRADE, V. Situación internacional del mercado de pulpa y papel. Merida, Venezuela, Universidad Los Andes, Laboratorio de Productos Forestales, 1974. 9 p.
6. ANNIN, B. B. The use of basket plants in Taungya plantations in Sefwi Wiasco Forest District. *Ghana Forest Journal* 1(1):20-24. 1968.
7. ASHONG, A. F. Forest Products Research. In Ghana Council for Scientific and Industrial Research. Second annual report 1969-1970. ACCRA, 1972. pp. 104-113.
8. AUBREVILLE, A. Unavista a las plantaciones de *Terminalia superba* en el Congo. *Bois et Forets des Tropiques* 27:3-8. 1953.
9. BEDARD, P. W. Shifting cultivation, benign and maligns aspect. In World Forestry Congress, 5, Seattle, Wash., 1960. Multiple use of forest land, Proceedings. s.l., 1960. v. 3, pp. 2016-2020.
10. BERNHARD, R. F. Essai de comparaison des cycles d' elements minéraux dans les plantations de framire (*Terminalia ivorensis*) et en foret naturelle de Cote D'ivoire. *Bois et Forets des Tropiques* 167:25-38. 1976.

11. BOERBOOM, J. H. Problemas del balance ecológico en los trópicos. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación, Boletín No. 49. 1975. pp. 3-15.
12. BUDOWSKY, G. Los recursos naturales en el desarrollo del trópico húmedo. *Ecología* 2000, No. 10-11:40-43. 1974.
13. CATINOT, R. Les progres recents dans le domaine de la silviculture. In World Forestry Congress, 6, Madrid, 1966. Proceedings. Madrid, 1966. v.3. pp. 3128-3135.
14. COMBE, J. y BUDOWSKY, G. Clasificación des techniques agroforestieres. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa de Recursos Naturales Renovables. 1978. 62 p. (Mimeo)
15. DARLING, F. Efecto de las actividades del hombre sobre la biosfera. *Unasyva* 22(2):3-13. 1968.
16. DARKWA, N.A. Pulping characteristic of framire (*Terminalia ivorensis*). Ghana Forest Product Research Institute, Technical Newsletter 5(3-5):29-37. 1971.
17. DUBOIS, J. A floresta amazónica e sua utilizacao face aos principios modernos de conservacao da natureza. In Simposio sobre a Biota Amazonica, Rio de Janeiro, 1967. Acta. Edit. por H. Lent. Rio de Janeiro Conselho Nacional de Pesquisas. 1967. pp. 115-146.
18. DYSON, W. G. Justificación de la dasonomía de plantación en los trópicos. México y sus Bosques No. 11-12:19-24. 1966.
19. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Actividades forestales en el desarrollo de las comunidades locales, FAO., Forestry Paper No. 7. 1978. 114 p.
20. FERNANDEZ, S. Comportamiento inicial de *Gmelina arborea* Roxb. asociado con maíz y frijol en dos espaciamentos en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1978. 125 p.
21. FRAMIRE. Bois et Forets des Tropiques 153:23-24. 1974.
22. GOUDET, J. P. Plantations experimentales des especies pape-tieres en Cote D' Ivoire. Bois et Forets des Tropiques 159:3-27. 1975.

23. GREENLAND, D. J. Bringing the green revolution to the shifting cultivators. *Science* 190(4217):841-844. 1975.
24. GRIFFITHS, M. E. A revision of the African species of *Terminalia* *Journal of the Linnean Society of London* 55(364):818-907. 1959.
25. GROULEZ, J. Plantaciones de conversión en los bosques tropicales húmedos. FAO, Comité de Desarrollo Forestal FO:FDT/76/7. 1976. 34 p.
26. HORNE, J. E. Growth rates in the timber plantations of western Nigeria. *Nigerian Forestry Information, Bulletin No. 12*, 1962. 15 p.
27. IRVINE, F. R. Woody plants of Ghana with special reference to their use. London, Oxford University, 1961. 868 p.
28. JANZEN, D. Tropical agroecosystems. *Science* 182(1418):1212-1220. 1973.
29. KING, K. F. S. Agri-silviculture (The Taungya System). Ibadan University, Department of Forestry. *Bulletin No. 1*. 1968. 109 p.
30. _____, y CHANDLER, M. T. Las tierras desperdiciadas. Nairobi, Kenia, International Council for Research in Agroforestry, 1978. 44 p.
31. KIO, P. R. Shifting cultivations and multiple use of forest land in Nigeria. *Commonwealth Forestry Review* 51(2): 144-148. 1972.
32. KRISNAWAMY, V. S. The life of stump of some forest species under moist and dry conditions. *Indian Forester* 81(7): 408-410. 1955.
33. LAMB, A. F. A. y NTIMA, O. O. *Terminalia ivorensis*. Oxford University. Commonwealth Forestry Institute. *Fast Growing Timber Trees No. 5*. 1969. 72 p.
34. _____. Regeneración artificial en el bosque tropical de tierras bajas húmedas. *Unasyuva* 22(4):7-15. 1968.
35. LOWE, R. G. Silvicultural characteristic of trees in growth plots 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.

36. LOWE, R. G. y DOBSON, J. Planting time for pots plants and stump plantas of *Terminalia ivorensis* and *Hauclea diderrichii* in Benin taungya. Nigeria, Department of Forest Research. Technical Note No. 34. 1966. 14 p.
37. LUCAS, E. D. y OLUYIDE, A. O. Wooden railways sleepers survey. Nigeria, Forest Product Research Report No. 12. 1967. 20 p.
38. LUCRECIO, R. R. Shifting cultivation: Some implication for socio-cultural change. Philippine Forest Research Journal No. 1:73-80. 1976.
39. MUÑOZ, A. M. Comportamiento inicial de laurel (*Cordia alliodora*) plantado en asocio con maíz (*Zea mays*), bajo dos niveles de fertilización. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1975. 72 p.
40. 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.
41. NEPVEU, G. Croissance et qualité du bois de framire. Bois et Forets des Tropiques 165:38-58. 1976
42. NWOBOSHI, L. G. Size and physiological grades of some hardwood sidlings produced under diferent nursery spacing in Nigeria. Forest Science 22(3):301-306. 1976.
43. NYE, P. H. y GREENLAND, D. J. Changes in the soil after clearing tropical forest. Plant and Soil 21(1):101-112. 1964.
44. OFOSU, A. A. y CANNON, P. *Terminalia ivorensis* decline in Ghana. PANS 22(2):239-242. 1976.
45. OLAWOYE, O. O. The agrosilvicultural system in Nigeria. Commonwealth Forestry Review 54(3-4):229-236. 1975.
46. OSENI, A.M. The development of tree crops and timber industries in Nigeria. Ibadan, Department of Forest Research, 1969. 11 p.
47. PARRY, M. S. Métodos de plantación de bosques en Africa Tropical. FAO. Cuaderno de Fomento Forestal No. 8. 1957. 333 p.

48. PECK, R. B. Selección preliminar de especies aptas para el establecimiento de bosques artificiales en tierra firme del litoral Pacífico de Colombia. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Boletín No. 50. 1976. pp. 29-39.
49. RENDLE, B. J. World timber. London, E. Benn, 1969. v.l., pp 122-123.
50. SAMAPUDDHI, K. Poblados forestales en Tailandia. Unasyuva 27(107):20-23. 1975.
51. SANCHEZ, A. P. Alternativas al sistema de agricultura migratoria en América Latina. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1977. 30 p. (Mimeo)
52. SCHULZ, J. P. y RODRIGUEZ, P. L. Plantaciones forestales en Surinam. Revista Forestal Venezolana 9(14):5-36. 1966.
53. SMITH, J. B. y PRIMAKOV, S. F. Chemical and morphological characteristic of some tropical hardwood. APPITA 30(5):405-406.
54. SORIA, J. et al. Investigación sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. Turrialba, Costa Rica. 25(3):283-293. 1975.
55. STEEL, R. D. y TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. New York, MacGraw-Hill, 1960. pp. 232-250.
56. STREETS, R. J. Exotic forest trees in the British Commonwealth London, Oxford Claredon, 1962. pp. 725-727.
57. TAYLOR, C. J. Synecology and silviculture in Ghana. New York, Thomas Nelson, 1960. pp. 152-155.
58. VAN NAO, T. Agrosilvicultura: Producción combinada de alimentos y madera. In Congreso Forestal Mundial, 8, Yacarta, 1978. 21 p. (Sin publicar).
59. VEGA, L. *Bagassa guianensis* Aubl. una especie forestal de rápido crecimiento. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Boletín No. 50. 1976. pp. 3-28.

60. VEGA, L. Comparación de rentabilidad de las plantaciones regulares con el modelo de agrosilvicultura en Surinam. In Taller CATIE/UNU sobre Sistemas Agroforestales en América Latina. Turrialba, Costa Rica, 1979. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1975. 18 p. (Sin publicar).
61. VERDUZCO, J. Posible solución a la agricultura nómada en bosques tropicales: Sistema "Taungya". Bosques (México) 1(2):4-8. 1964.
62. WADSWORTH, F. T. The regeneration of tropical forest by planting. Caribbean Forester 21(3-4):82-89. 1960.

8. APENDICE

Cuadro A1. Condiciones climáticas registradas durante el período de investigación (junio 78 - abril 79), comparado con las condiciones climáticas normales.

Meses	-----Condiciones climáticas normales-----				-----Período de investigación-----			
	Temp \bar{X} °C	Precip. mm	Días con)0,1 mm	Evap. mm	Temp \bar{X} °C	Precip. mm	Días con)0,1 mm	Evap. mm
Junio	23,2	290,0	21,8	88,4	23	252,7	25	99,2
Julio	22,8	283,1	25,5	77,4	23	244,1	27	99,3
Agosto	22,8	241,6	24,2	84,8	23	173,3	25	99,9
Setiembre	23,0	252,9	22,6	91,5	23	221,7	26	100,0
Octubre	22,8	247,7	23,2	97,1	23	234,8	23	105,2
Noviembre	22,2	281,0	22,2	79,0	22,9	312,2	22	95,1
Diciembre	21,4	333,7	21,5	76,2	22	150,8	14	100,3
Enero	20,9	176,4	18,7	81,4	21,2	42,7	10	102,3
Febrero	21,1	138,6	15,2	84,5	21,4	47,4	14	82,8
Marzo	21,8	69,8	13,6	144,3	22,3	51,0	9	111,5
Abril	22,4	126,7	14,9	115,3	23,2	273,0	26	131,0
Mayo (*)	--	--	--	--	--	--	--	--
Totales		2441,5	223,4	1019,9		2004,3	221	1126,6
Promedio	22,2	221,9	20,3	92,7	22,5	182,2	20	102,4

(*) Indica que el mes de mayo no se incluye en el período experimental.

Cuadro A2. Resultados de análisis de muestras de suelos del área experimental.

Fecha	Prof. cm	pH H ₂ O	---Meq/100 ml de suelo---			% Sat. Acidez	P	-----µg/ml de suelo-----					Relaciones Ca/Mg Mg/K			
			Ca	Mg	K			Acidez extr	Suma	Fe	Mn	Zn		Cu	S	
Jun-78	00-25	5,6	8,75	2,38	0,41	0,1	11,54	0,86	5,34	168	145,8	6,7	27,2	8,5	3,7	5,8
	25-50	5,5	7,45	2,18	0,14	0,2	9,97	2,00	3,78	118	63,6	4,4	24,4	9,7	3,4	15,6
Nov-78	00-25	5,8	8,5	4,1	0,39	0,12	13,11	0,95	3,7	168	68,5	7,2	32,3	28,7	2,0	10,6
	25-50	5,8	6,5	3,1	0,14	0,17	10,01	1,73	3,7	107	35,5	5,5	32,6	22,5	2,1	22,1
Abr-79	00-25	5,5	7,08	2,3	0,4	--	9,78	--	2,25	125,2	26,9	4,3	26,3		3,1	5,7
	25-50	5,5	5,48	1,8	0,13		7,41		1,63	83,2	14,5	3,5	30,4		3,0	13,8

Cuadro A3. Datos tabulados para cálculo de estimadores del porcentaje de sobrevivencia de *T. ivohensis*

Parcelas	Subparcelas	-----B L O Q U E S-----					Promedio
		I	II	III	IV	V	
A ₁	b ₁	37,5	50,0	87,5	50,0	62,5	57,5
	b ₂	100,0	87,5	100,0	100,0	100,0	97,5
A ₂	b ₁	62,5	62,5	50,0	50,0	25,0	50,0
	b ₂	87,0	100,0	100,0	100,0	100,0	97,5
A ₃	b ₁	62,5	62,5	62,5	50,0	37,5	55,0
	b ₂	100,0	100,0	75,0	100,0	100,0	95,0
A ₄	b ₁	75,0	50,0	62,5	62,5	75,0	65,0
	b ₂	87,5	87,5	87,5	100,0	87,5	90,0

Análisis de Varianza

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	C.M.	Fc.
Bloques	4	105,47	35,16	0,25
Asociaciones (A)	3	101,56	25,39	0,18
Error (a)	12	1710,94	142,58	
Material de Trasplante	1	14535,16	14535,16	97,92**
Interacción A x b	3	667,96	222,65	1,50
Error (b)	16	2375,00	148,44	
Total	39	19496,09		

** Indica que existe significación al nivel de 1% de probabilidad

Cuadro A4. Estimadores de incremento en altura de *T. ivorensis*, en cm

Parcelas	Subparcelas	-----B L O Q U E S-----					Promedio
		I	II	III	IV	V	
A ₁	b ₁	16,2	19,8	24,2	34,6	13,6	21,68
	b ₂	55,6	45,7	42,8	47,7	43,6	47,08
A ₂	b ₁	26,4	45,3	55,4	61,5	39,5	45,62
	b ₂	91,4	92,6	88,1	101,4	69,9	88,68
A ₃	b ₁	19,7	22,3	23,9	46,0	44,1	31,20
	b ₂	59,5	71,8	77,4	81,1	83,5	74,66
A ₄	b ₁	33,7	28,4	32,0	54,9	41,2	38,04
	b ₂	77,3	58,8	61,8	74,7	75,2	69,56

Análisis de Varianza

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	C.M.	Fc.
Bloques	4	1225,61	306,40	2,75
Asociaciones (A)	3	5440,75	1813,58	16,30**
Error (a)	12	1334,87	111,24	
Materiales de Trasplante (b)	1	12859,39	12859,39	238,89**
Interacción A x b	3	894,62	298,20	5,54**
Error (b)	16	861,29	53,83	
Total	39	22316,53		

** Indica significación al nivel de 1% de probabilidad.

Cuadro A5. Promedios de crecimiento acumulado de altura de *T. ivorenensis* en cm.

	T R A T A M I E N T O S											
	A ₁		A ₂		A ₃		A ₄		Promedios			
	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂
Sep.	81,48	26,82	81,68	29,76	94,54	34,82	89,74	28,12	86,86	29,88		
Oct.	82,86	35,56	83,54	34,18	96,40	41,26	91,52	30,12	88,58	35,28		
Nov.	88,64	45,16	86,22	42,48	100,16	48,02	97,56	36,94	93,14	43,15		
Dic.	94,12	53,26	90,58	51,72	103,66	54,84	99,90	44,22	97,06	51,01		
Ene.	97,20	59,66	97,04	70,72	107,42	72,50	102,38	61,80	101,01	66,17		
Feb.	98,22	62,28	99,28	82,94	114,98	89,30	110,74	77,06	105,80	77,89		
Mar.	98,76	65,02	103,82	92,34	114,38	97,46	114,74	85,70	107,92	85,13		
Abr.	103,16	73,90	127,30	118,44	125,74	109,48	127,78	97,68	120,99	99,87		

Cuadro A6. Regresión simple entre altura promedio y tiempo en meses, predicciones y desviaciones al 5%

b_1 (Plantón): $Y = 79,94 + 4,49 X$; $R = 0,97$

Tiempo en meses	Altura promedio	Y. estimada	Desviación
1	86,86	84,44	90,54
2	88,58	88,93	94,69
3	93,14	93,43	98,94
4	97,06	97,92	103,31
5	101,00	102,42	107,80
6	105,81	106,91	112,42
7	107,92	111,42	117,16
8	120,99	115,90	122,00

) b_2 (Pseudoestaca): $Y = 15,05 + 10,22 X$; $R = 0,99$

Tiempo en meses	Altura promedio	Y. estimada	Desviación
1	29,88	25,27	32,41
2	35,28	35,49	42,23
3	43,15	45,72	52,16
4	55,01	55,94	62,24
5	66,17	66,16	72,46
6	77,90	76,38	82,83
7	85,13	86,60	93,34
8	99,88	96,83	103,97

Cuadro A7. Estimadores de incremento en diámetro basal de *Terminalia ivorensis* en cm.

Parcelas	Subparcelas	-----B L O Q U E S-----					Promedio
		I	II	III	IV	V	
A ₁	b ₁	0,578	0,618	0,573	0,734	0,402	0,581
	b ₂	0,903	0,912	0,777	0,784	0,567	0,788
A ₂	b ₁	1,821	2,346	1,788	1,824	1,250	1,806
	b ₂	2,100	2,454	1,911	2,356	1,313	2,027
A ₃	b ₁	0,961	1,217	1,009	1,452	1,290	1,186
	b ₂	1,238	1,525	1,085	1,546	1,820	1,443
A ₄	b ₁	1,435	0,995	1,190	1,597	1,293	1,302
	b ₂	1,619	1,333	1,270	1,588	1,573	1,477

Análisis de Varianza

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc.
Bloques	4	0,5587	0,1397	1,05
Asociaciones (A)	3	7,6370	2,5456	19,08**
Error (a)	12	1,6010	0,1334	
Material de trasplante (b)	1	0,4626	0,4626	36,45**
Interacción A x b	3	0,009	0,003	0,24
Error (b)	16	0,2031	0,0127	
Total	39	10,4740		

** Indica que hay significación al nivel de 1% de probabilidad

Cuadro A8. Promedios de crecimiento acumulado de diámetro basal en cm, de *Terminalia ivorensis* en los diferentes tratamientos

Mes	T R A T A M I E N T O S								Promedio	
	A ₁		A ₂		A ₃		A ₄			
	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂
Nov.	1,01	0,68	1,01	0,67	1,04	0,63	0,98	0,50	1,01	0,61
Dici.	1,20	0,92	1,26	1,05	1,22	0,94	1,16	0,85	1,21	0,94
Ene.	1,35	1,12	1,59	1,51	1,52	1,26	1,51	1,16	1,49	1,26
Feb.	1,41	1,25	2,02	1,85	1,74	1,48	1,74	1,37	1,73	1,49
Mar.	1,54	1,37	2,35	2,15	1,94	1,72	1,93	1,59	1,94	1,71
Abr.	1,59	1,47	2,82	2,68	2,23	2,07	2,28	1,97	2,23	2,05

Cuadro A9. Regresión simple entre diámetro basal promedio y tiempo en meses, predicciones y desviaciones al 5%

b_1 (Plantón): $Y = 0,7487 + 0,2437 X$; $R = 0,99$

Tiempo en meses	Diámetro basal promedio	Y. estimada	Desviación
1	1,01	0,99	1,05
2	1,21	1,24	1,29
3	1,49	1,48	1,53
4	1,73	1,72	1,77
5	1,94	1,97	2,02
6	2,23	2,21	2,27

b_2 (Pseudoestacas): $Y = 0,3767 + 0,2765 X$; $R = 0,99$

Tiempo en meses	Diámetro basal promedio	Y. estimada	Desviación
1	0,62	0,65	0,75
2	0,94	0,93	1,02
3	1,26	1,21	1,29
4	1,49	1,48	1,57
5	1,71	1,76	1,86
6	2,05	2,03	2,13

Cuadro A10. Estimadores de incremento en diámetro de copa de *T. ivorensis* en cm

Parcelas	Subparcelas	-----B L O Q U E S-----					Promedio
		I	II	III	IV	V	
A ₁	b ₁	20,0	27,7	25,0	25,6	17,0	23,06
	b ₂	31,0	31,3	38,9	28,7	20,4	30,06
A ₂	b ₁	97,7	124,4	92,0	92,4	56,7	92,64
	b ₂	82,6	130,5	103,3	100,0	54,7	94,22
A ₃	b ₁	57,7	80,7	50,2	63,6	49,5	60,34
	b ₂	50,6	66,5	42,5	77,3	65,7	60,52
A ₄	b ₁	78,7	54,8	64,2	70,1	56,9	64,96
	b ₂	70,9	55,2	57,6	55,7	57,9	59,46

Análisis de varianza

Fuente de Variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc.
Bloques	4	2455,51	613,877	1,64
Asociaciones (A)	3	22391,38	7463,793	19,93**
Error (a)	12	4493,94	374,495	
Material de Trasplante (b)	1	6,64	6,642	0,13
Interacción A x b	3	197,81	65,937	1,26
Error (b)	16	835,55	52,22	
Total	39	30380,32		

** Indica que existe significación al nivel de 1% de probabilidad

Cuadro A11. Promedios de crecimiento acumulado de diámetro de copa en cm. de *Terminalia ivorensis* en los diferentes tratamientos.

Mes	T R A T A M I E N T O S								Promedios	
	A ₁ b ₁	A ₁ b ₂	A ₂ b ₁	A ₂ b ₂	A ₃ b ₁	A ₃ b ₂	A ₄ b ₁	A ₄ b ₂	b ₁	b ₂
Nov.	31,38	27,88	28,52	26,18	25,08	24,00	26,08	20,08	27,76	24,53
Dic.	37,96	40,18	44,48	47,50	39,68	40,68	39,36	38,30	40,37	41,66
Ene.	39,38	43,36	63,44	68,18	55,22	57,36	53,56	52,90	52,65	55,45
Feb.	41,60	43,84	73,54	75,74	61,68	63,68	60,66	60,20	59,37	60,86
Mar.	42,98	47,84	101,20	98,20	63,90	72,74	67,60	65,30	68,92	71,02
Abr.	54,48	57,97	121,16	120,42	85,42	84,52	91,04	79,54	88,02	85,60

A12. Regresión simple entre diámetro copa promedio y tiempo en meses, predicciones y desviaciones al 5%

$$b_1 \text{ (Plantón) : } Y = 16,818 + 11,2477 X ; R = 0,99$$

Tiempo en meses	Diámetro copa promedio	Y. estimada	Desviaciones
1	27,77	28,06	35,72
2	40,37	39,31	46,29
3	52,65	50,56	57,18
4	59,37	61,81	68,42
5	68,92	73,06	80,03
6	88,03	84,30	91,96

$$b_2 \text{ (Pseudoestaca) : } Y = 16,645 + 11,395 X ; R = 0,98$$

Tiempo en meses	Diámetro copa promedio	Y. estimada	Desviación
1	24,54	28,04	36,13
2	41,67	39,43	46,81
3	55,45	50,82	57,82
4	60,87	62,22	69,22
5	71,02	73,62	81,00
6	85,61	85,01	93,11

Cuadro 13. Estimadores de rendimiento de maíz asociado con T. *uvulens* en los 2 periodos agrícolas

Bloque	-----Primer período 1/-----				-----Segundo Período 2/-----			
	A ₂		A ₄		A ₃		A ₄	
	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂
I	11,00	12,667	8,667	7,667	1,047.0	1,276.0	838.0	1,412.0
II	13,667	11,333	8,000	6,000	250.0	630.0	1,460.0	518.0
III	10,000	12,333	7,667	7,000	1,269.0	1,438.0	532.0	751.0
IV	8,333	11,000	6,667	7,330	1,418.0	1,704.0	503.0	922.0
V	9,330	7,667	5,330	4,000	1,132.0	619.0	521.0	381.0
Promedio	10,466	11,000	7,266	6,399	1,023.0	1,133.0	770,8	797.0

Análisis de Varianza

Fuente de Variación	G.L.	-----Primer Período-----		Fc	-----Segundo Período-----		F
		SC	CM		SC	CM	
Bloques	4	30,73	7,68	7,42	8418,95	2104,74	0,66
Asociaciones (A)	1	76,06	76,06	73,46**	4333,57	4333,57	1,36
Error (a)	4	40,14	1,03		12764,37	3191,09	
Material de							
Trasplante (b)	1	0,14	0,14	0,09	232,56	232,56	0,19
Interacción A x b	1	2,45	2,45	1,51	88,20	88,20	0,07
Error (b)	8	13,01	1,63		9836,63	1229,58	
Total	19	126,53			35674,28		

** Nivel de significación al 1% de probabilidad

1/ Cosechado en unidades de mazorcas/ha

2/ Cosechado en grano kgr/ha

Cuadro A14. Estimadores de producción de biomasa del maíz en Ton/ha asociado con *T. viviparans*, en los 2 periodos agrícolas.

Bloque	-----Primer Período-----				-----Segundo Período-----			
	A ₂		A ₄		A ₃		A ₄	
	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂
I	4,223	4,161	3,498	4,036	4,648	5,343	3,001	3,489
II	3,984	4,613	3,081	3,059	2,758	3,423	3,343	2,775
III	5,086	4,428	3,353	3,400	5,508	4,718	3,260	4,271
IV	4,653	3,423	3,521	3,634	3,724	4,668	3,386	3,530
V	3,363	3,052	2,624	2,454	4,789	4,384	3,080	3,364
Promedio	4,262	3,935	3,215	3,316	4,285	4,507	3,194	3,486

Análisis de Varianza

Fuente de Variación	-----Primer Período-----			-----Segundo Período-----		
	G.L.	SC	F	SC	CM	F
Bloques	4	3,63	0,906	4,25	1,062	2,48
Asociaciones (A)	1	3,47	3,466	5,58	5,580	13,03*
Error (a)	4	0,79	0,197	1,71	0,428	
Materiales de Trasplante (b)	1	0,06	0,063	0,33	0,330	1,50
Interacción A x b	1	0,23	0,228	0,01	0,006	0,30
Error (b)	8	1,10	0,137	1,76	0,219	

* Nivel de significación al 5% de probabilidad

Cuadro A15. Estimadores de rendimiento de caupí y frijol en kg/ha. asociado con T. diversicola, de los 2 períodos agrícolas.

Bloque	-----Primer Período (caupí)-----				-----Segundo Período (frijol)-----			
	A ₃		A ₄		A ₂		A ₄	
	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂
I	502	583	329	329	488	382	124	117
II	390	289	108	134	343	390	184	138
III	824	667	219	156	563	565	143	114
IV	705	455	252	227	378	358	172	108
V	325	337	102	117	446	427	168	188
Promedio	549,2	466,2	202	192,6	443,6	424,4	158,2	133

Análisis de Varianza

Fuente de Variación	-----Primer Período-----			-----Segundo Período-----		
	G.L.	SC	CM	F	SC	F
Bloques	4	222,56	55,64	2,53	223,86	55,96
Asociaciones (A)	1	481,74	481,74	21,91**	4158,73	4158,73
Error (a)	4	87,95	21,99		337,34	84,33
Material de Trasplante (b)	1	10,67	10,67	2,29	24,64	24,64
Interacción A x b	1	6,77	6,77	1,45	0,45	0,45
Error (b)	8	37,33	4,67		83,47	13,91

** Nivel de significación al 1% de probabilidad

Cuadro A16. Estimadores de producción de Biomasa de caupí y frijol en Ton/ha asociados con *T. viviparum* en los 2 periodos agrícolas.

Bloques	-----Primer Período (caupí)-----				-----Segundo Período (frijol)-----			
	A ₃		A ₄		A ₂		A ₄	
	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂
I	1,732	2,050	0,842	0,974	1,012	1,140	0,199	0,525
II	1,377	0,910	0,363	0,367	0,969	1,132	0,324	0,418
III	1,823	1,687	0,915	0,410	1,689	1,471	0,671	0,561
IV	1,676	1,303	0,799	0,769	1,727	1,306	0,847	0,538
V	1,368	1,101	0,377	0,469	0,181	0,263	0,763	0,444
Promedio	1,596	1,410	0,659	0,598	1,115	1,062	0,561	0,497

Análisis de Varianza

Fuente de Variación	-----Primer Período-----				-----Segundo Período-----			
	G.L.	SC	CM	F	SC	CM	F	
Bloques	4	1,160	0,290	11,48	1,382	0,346	1,19	
Asociaciones (A)	1	3,821	3,821	151,27**	1,568	1,568	5,42	
Error (a)	4	0,101	0,025		1,157	0,289		
Material de Trasplante (b)	1	0,076	0,076	1,90	0,017	0,017	0,48	
Interacción A x b	1	0,019	0,019	0,48	0,001	0,001	0,00	
Error (b)	8	0,320	0,040		0,282			

** Nivel de significación al 1% de probabilidad.

Cuadro A17. Serie cronológica de tiempo empleado en la plantación de *T. inopinatus*, sola y asociada con cultivos agrícolas expresado en horas/hombre por ha y su respectivo valor calculado en colones.

Mes	Actividades	T R A T A M I E N T O S											
		A ₁		A ₂		A ₃		A ₄		P		ha	
		P	ha	P	ha	P	ha	P	ha	P	ha	P	ha
30-IV	Arado (*)	1,6	49,4	1,6	49,4	1,6	49,4	1,6	49,4	1,6	49,4	1,6	49,4
20-VI	Limpieza y Niv.	4,8	148,8	4,8	148,8	4,8	148,8	4,8	148,8	4,8	148,8	4,8	148,8
26-VI	Apertura hoyos	1,8	55,5	1,8	55,5	1,8	55,5	1,8	55,5	1,8	55,5	1,8	55,5
28-VI	Plantación	0,6	24,0	0,6	24,0	0,6	24,0	0,6	24,0	0,6	24,0	0,6	24,0
10-VII	Siembra maíz	--	--	8,0	247,0	--	--	--	--	8,0	247,0	8,0	247,0
11-VII	Siembra caupí	--	--	--	--	12,0	370,0	12,0	370,0	12,0	370,0	12,0	370,0
Cuatro	Fumigaciones	--	--	0,5	15,4	1,6	49,4	1,6	49,4	1,6	49,4	1,6	49,4
10-VIII	Deshierbe	--	--	8,0	247,0	8,0	247,0	8,0	247,0	8,0	247,0	8,0	247,0
10-IX	Desbroce	8,0	247,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
30-IX	Cosecha caupí	--	--	--	--	4,0	124,3	4,0	124,3	4,0	124,3	4,0	124,3
10-X	Cosecha elotes	--	--	2,4	74,0	--	--	--	--	2,4	74,0	2,4	74,0
30-X	Limpieza	--	--	4,0	123,4	4,0	123,4	4,0	123,4	4,0	123,4	4,0	123,4
10-XI	Preparación siembra maíz	--	--	--	--	--	--	8,0	247,0	8,0	247,0	8,0	247,0
11-XI	Siembra frijol	--	--	12,0	370,4	--	--	--	--	12,0	370,4	12,0	370,4
28-XI	Control babosas	--	--	0,8	24,0	--	--	--	--	0,8	24,0	0,8	24,0
11-XII	Deshierbe	4	123,4	8	247,0	8	247,0	8	247,0	8	247,0	8	247,0
Cuatro	Fumigaciones	--	--	1,6	49,4	0,5	15,4	0,5	15,4	1,6	49,4	1,6	49,4
12-I	Deshierbe frijol	--	--	8,0	247,0	--	--	--	--	8,0	247,0	8,0	247,0
15-II	Cosecha frijol	--	--	3,0	92,6	--	--	--	--	3,0	92,6	3,0	92,6
5-III	Doblado maíz	--	--	--	--	2,0	61,7	2,0	61,7	2,0	61,7	2,0	61,7
30-III	Cosecha maíz	--	--	--	--	2,4	74,0	2,4	74,0	2,4	74,0	2,4	74,0
5-IV	Deshierbe	6	185,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Total mano de obra			833,3		2.015,6		1.836,0		1.836,0		2.925,7		2.925,7
horas hombre/ha													
Costo mano de obra			3.124,87		7.558,5		6.855,0		6.855,0		10.971,37		10.971,37
en colones (**)													

(*) El costo de arado se dividió entre el costo de horas hombre

(**) 1 hora = ₡ 3,75; US\$1 = 8,54 colones

P = Parcela experimental con 324 m²

Cuadro A18. Cantidad y valor comercial de los insumos utilizados por ha para los cuatro tratamientos, en colones*

Insumos	Cant/ha	Valor ¢	-----Tratamientos-----			
			A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
Material de trasplante	1.111	0,5 c/u	555,5	555,5	555,5	555,5
Semillas maíz	20 kg	1,95/kg	--	39,0	39,0	78,0
Semillas caupí	12,5 kg	4,00/kg	--	--	50,0	50,0
Semillas frijol	24,0 kg	5,00/kg	--	120,0	--	120,0
Insecticidas	8,0 kg	30,0/kg	--	240,0	240,0	240,0
Babocidas	12,0 kg	3,0/kg	--	36,0		36,0
Total			555,5	990,5	884,5	1.079,5

(*) 1 US\$ = ¢ 8,54

Cuadro A19. Rendimientos e ingresos brutos por ha percibidos por la venta de productos agrícolas, en los diferentes tratamientos, en colones.

Cultivo Agrícola	Precio/kg	-----Tratamientos-----			
		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
Caupí	4,00	--	--	2.030,8	789,2
Frijol	5,00	--	2.170,0	--	728,0
Maíz (*)	0,50	--	5.366,5	--	3.415,0
Maíz	1,95	--	--	2.102,7	1.528,6
Total		--	7.536,5	4.133,5	6.460,8

(*) El rendimiento de maíz del primer cultivo se evaluó en unidad de mazorcas, el precio corresponde a una unidad de mazorca comercial

Cuadro 20. Ingreso familiar estimado para la plantación de *Terminalia ivorensis* en los sistemas asociados.

Concepto	-----A S O C I A C I O N E S-----					
	A ₂		A ₃		A ₄	
	M	F	C	M	M + C	M + F
Ingresos brutos	7.539,50		4.133,50		6.460,80	
Costo de insumos	990,50		884,50		1.079,50	
Ingreso Familiar*	6.549,0		3.249,0		5.381,30	
Costo de Jornal diario**	26,0		14,0		14,7	

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

** Este dato se calculó en base a la relación del ingreso familiar y el número de días trabajados.