

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORESTALES

COMPORTAMIENTO INICIAL DEL LAUREL Cordia alliodora  
(Ruíz y Pav.) Oken PLANTADO EN ASOCIO CON MAIZ  
( Zea mays ) BAJO DOS NIVELES DE FERTILIZACION

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
DEL PROGRAMA CONJUNTO UCR—CATIE PARA OPTAR AL GRADO DE

Magister Scientiae

MAURO MUÑOZ ALDEAN

Turrialba, Costa Rica

1975

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

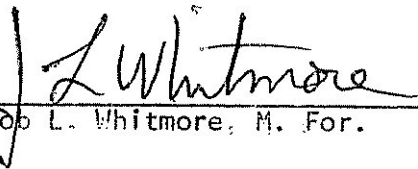
*Magister Scientiae*

JURADO:



Pablo Rosero, Mag. Agr.

Consejero



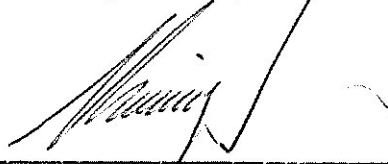
Jacob L. Whitmore, M. For.

Comité



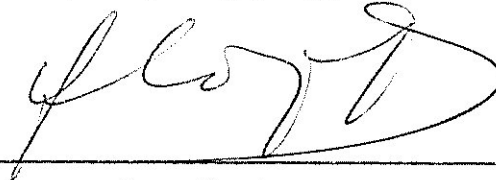
Jorge Soria, Ph.D.

Comité



Víctor Quiroga, Mag. Sc.

Comité



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

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres

A mi esposa

A mis hijos

## AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar sus sinceros agradecimientos:

Al Ing. Pablo Rosero G., Consejero Principal, por su constante orientación, estímulo y ayuda durante la realización del presente trabajo.

A los miembros del comité consejero: Dr. Jorge Soria, Ing. Jacob L. Whitmore e Ing. Víctor Quiroga, por la revisión del manuscrito y sus valiosas críticas y sugerencias.

Al Gobierno de la República Federal de Alemania, Gobierno del Ecuador, Universidad de Costa Rica y al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), por la oportunidad que me brindaron para superarme.

A los compañeros de estudio: José Arze, Augusto Otárola, Hugo Zambrana y Nicolás Mateo, por su valiosa ayuda, cooperación y amistad.

A todas aquellas personas que me brindaron de manera gentil su colaboración.

## BIOGRAFIA

Mauro Muñoz Aldeán nació en la provincia de Loja, Ecuador. Realizó sus estudios primarios y secundarios en la ciudad del mismo nombre.

Su carrera de Ingeniero Agrónomo la cursó de 1958 a 1963, en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Loja, graduándose de Ing. Agr. en 1966.

Trabajó desde enero de 1964 en el Servicio Forestal del Ecuador, desempeñando las funciones de Jefe de Distrito Forestal en las provincias de Loja y El Oro, hasta 1971; a partir de esta fecha ocupó el cargo de Delegado Provincial de El Oro.

En enero de 1974 ingresó como estudiante graduado del Departamento de Ciencias Forestales del Programa Conjunto Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-Universidad de Costa Rica (CATIE-UCR), mediante una beca concedida por el Gobierno de la República Federal de Alemania, recibiendo el grado de Magister Scientiae en noviembre de 1975.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	3
A. Los bosques y el aprovechamiento agrícola en el trópico .....	3
1. El sistema Taungya .....	5
1.1 Descripción del método .....	6
2. Utilización del sistema agrisilvi- cultural .....	7
3. Asociaciones agrisilviculturales .....	8
3.1 Elección de especies forestales .....	8
3.2 Características e importancia de <u>C. alliodora</u> .....	9
3.3 Selección de cultivos agrícolas .....	11
3.4 Asociaciones recomendables .....	11
4. Métodos de plantación forestal .....	13
4.1 Preparación del terreno .....	14
4.2 Período de plantación .....	14
4.3 Espaciamiento .....	14
B. La fertilización forestal .....	15
3. MATERIALES Y METODOS .....	18
A. Localización de las parcelas de ensayo .....	18
1. Suelos .....	19
B. Diseño experimental y tratamientos .....	19
C. Instalación del ensayo .....	20
1. Obtención del material de plantación ....	20
2. Preparación del suelo .....	22
3. Método y época de plantación del laurel..	22
D. Cuidados culturales .....	22
1. Siembra del maíz .....	22
2. Fertilización .....	23
3. Control fitosanitario .....	25

	<u>Página</u>
E. Variables que se midieron .....	25
1. Altura .....	25
2. Diámetro .....	25
3. Rendimiento de grano de maíz .....	26
4. Rendimiento de biomasa .....	26
F. Cálculo de los costos .....	26
G. Análisis de la información .....	26
1. Pruebas de diferencias de medias .....	26
a. Para tratamientos .....	26
b. Para subtratamientos .....	27
2. Análisis de varianza .....	27
3. Regresiones .....	28
4. Tamaño de la muestra .....	28
4. RESULTADOS Y DISCUSION .....	30
A. Tamaño de las plantas en la primera observación .....	30
B. Supervivencia .....	31
C. Respuesta a los tratamientos .....	33
1. Altura .....	33
2. Diámetro .....	41
D. Producción de maíz y su biomasa .....	50
1. Producción de maíz .....	50
2. Producción de biomasa .....	55
E. Costo de establecimiento de la plantación, cultivo agrícola y rendimiento económico de la primera y segunda cosecha .....	57

	<u>Página</u>
5. CONCLUSIONES .....	61
6. RECOMENDACIONES .....	62
7. RESUMEN .....	63
7a. SUMMARY .....	65
8. LITERATURA CITADA .....	67
9. APENDICE .....	73



## LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
1	Materia orgánica y nutrientes en la vegetación forestal secundaria .....	4
2	Datos de precipitación y temperatura para Turrialba. Agosto 1974-Julio 1975 .....	18
3	Promedio en altura y diámetro en cm, coeficiente de variación y valores de $t_{0.05}$ de <u>C. alliodora</u> a la primera observación .....	30
4	Porcentaje de sobrevivencia de <u>C. alliodora</u> a los dos meses de plantación .....	31
5	Análisis de varianza para la supervivencia de <u>C. alliodora</u> al finalizar las observaciones ..	32
6	Datos tabulados para cálculo de estimadores de la altura de plantas de <u>C. alliodora</u> .....	33
7	Análisis de varianza para la variable altura de <u>C. alliodora</u> .....	34
8	Prueba de Duncan de los promedios de crecimiento en altura de <u>C. alliodora</u> en los distintos tratamientos y edades .....	35
9	Datos tabulados para cálculo de estimadores del incremento en altura de plantas de <u>C. alliodora</u> ..	37
10	Análisis de varianza de los incrementos en altura de <u>C. alliodora</u> según diseño de parcelas divididas .....	38
11	Prueba de Duncan de los promedios de incremento en altura de <u>C. alliodora</u> en los diferentes tratamientos y edades .....	40
12	Crecimiento en diámetro (cm) de plantas de <u>C. alliodora</u> .....	42
13	Análisis de varianza para el diámetro de <u>C. alliodora</u> .....	46

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
14	Crecimiento en diámetro (cm) de <u>C. alliodora</u> y Prueba de Duncan por tratamientos y edades ... ..	47
15	Incremento en diámetro (cm) de <u>C. alliodora</u> .....	48
16	Análisis de varianza de los incrementos en diámetros de <u>C. alliodora</u> según diseño de parcelas divididas .....	49
17	Producción de grano (T/métricas/ha) para la primera y segunda siembra .....	55
18	Pruebas de significación de medias de producción en Tm/ha de maíz asociado con <u>C. alliodora</u> .....	55
19	Producción de biomasa (Ton. métricas/ha) para la primera y segunda siembra .....	56
20	Prueba de significación de medias de rendimiento en Tm/ha en biomasa de maíz asociado con <u>C. alliodora</u> .....	57
21	Costos de establecimiento por ha (£) de una plantación de <u>C. alliodora</u> bajo los sistemas agrisilvicultural y silvicultural .....	59
22	Costos de la plantación de <u>C. alliodora</u> relacionados con los tratamientos analizados en orden de importancia .....	59

## LISTA DE FIGURAS

<u>Figura N°</u>		<u>Página</u>
1	Distribución de las parcelas del ensayo .....	21
2	Distribución de las plantas de maíz intercaladas en la plantación de <u>C. alliodora</u> .....	24
3	Relación altura-edad de <u>C. alliodora</u> (pseudostaca) para los cuatro tratamientos .....	43
4	Relación altura-edad de <u>C. alliodora</u> (planta completa) para los cuatro tratamientos ..	44
5	Relación altura-edad de <u>C. alliodora</u> para pseudostaca y planta completa .....	45
6	Relación diámetro-edad en <u>C. alliodora</u> (pseudostaca) para los cuatro tratamientos .....	51
7	Relación diámetro-edad de <u>C. alliodora</u> (planta completa) para los cuatro tratamientos ..	52
8	Relación diámetro-edad de <u>C. alliodora</u> para pseudostaca y planta completa .....	53
9	Estimación de la altura de <u>C. alliodora</u> en función del incremento unitario en diámetro .....	54

## 1. INTRODUCCION

La mayoría de los bosques tropicales del mundo han sido sometidos a la destrucción por la tala desmedida para dar paso a la agricultura, ganadería y el aprovechamiento selectivo de las especies valiosas. En algunos casos se ha ocasionado la degeneración de las comunidades forestales originales, debido a la alteración de los procesos de sucesión vegetal, dando mayor oportunidad a las especies no valiosas y limitando la regeneración de las especies consideradas de valor comercial (62).

Esta situación ha motivado el interés por favorecer el desarrollo de las especies valiosas, utilizando diferentes sistemas de repoblación forestal. Algunos métodos silviculturales han sido aplicados con éxito en otras regiones del mundo y podrían practicarse en nuestras condiciones. Uno de estos sistemas es el conocido como "taungya" que no es sino una forma modificada de la agricultura migratoria, muy practicada en algunos países latinoamericanos y que asocia los cultivos agrícolas al bosque.

El cultivo agrícola practicado en asocio a la plantación forestal, consigue disminuir los costos elevados de repoblación, solucionando en parte la apremiante necesidad de proveer de alimentos a una población que crece en forma desmedida; lográndose además obtener las siguientes ventajas:

1. Aprovechar intensivamente el recurso suelo en terrenos forestales.
2. Proporcionar al agricultor la oportunidad de producir sus cultivos de subsistencia, aprovechando mejor su trabajo y favoreciendo la implantación del bosque a un menor costo.

3. Reagrupar a los agricultores errantes, proporcionando una posible solución a la agricultura migratoria.
4. Disminuir los costos de mantenimiento (limpieza) de plantaciones en zonas húmedas tropicales.

Los principales objetivos de este estudio son:

1. Determinar el comportamiento del laurel (Cordia alliodora) relacionado con: dos métodos de plantación: pseudoestaca y planta completa, supervivencia, crecimiento inicial en altura y diámetro, en los sistemas de plantación asociada con maíz y no asociada.
2. Respuesta a la fertilización del laurel (Cordia alliodora) plantado bajo los dos sistemas anteriores.
3. Comparar los costos de repoblación forestal para los sistemas agrisilvicultural y silvicultural.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

A. Los bosques y el aprovechamiento agrícola en el trópico

En los trópicos y subtrópicos de Asia, Africa y América se ha practicado la agricultura migratoria durante siglos. Esta es conocida con diferentes nombres de acuerdo con la región, así: los anglosajones la llaman "shifting cultivation" (17), en Yangambi, Congo Belga "Bantu", "Tavi" en Madagascar (39), y en América Latina se le denomina agricultura nómada, migratoria o itineraria (65).

Varios autores han vertido diferentes conceptos respecto a este sistema de agricultura, manifestando que esta práctica ha tenido gran impacto en la degeneración de las comunidades forestales tropicales, causando fuertes perturbaciones (5, 62) y ocasionando la conversión de extensas zonas de bosques en sabanas (13). Para llevarla a cabo se destrozan y queman grandes cantidades de masas boscosas (4, 24) cuyos efectos nefastos a largo plazo serán la erosión acelerada y la perturbación del régimen de las aguas (20, 65).

La agricultura practicada en suelos tropicales pobres (oxisoles) consume las reservas nutricionales de la materia orgánica mineralizada imposibilitando su uso al cabo de 2 a 3 años, al continuar con cultivos agrícolas, obligando a abandonar los terrenos a regeneración natural o a pastos. El recobro de la fertilidad por regeneración de la materia orgánica del suelo en un bosque secundario es lento y lleva varios años para alcanzar su óptimo. Ignatieff y Page (35) presentan los resultados obtenidos en Yangambi, Congo Belga, relacionados con la cantidad de materia vegetal y de elementos nutrientes que contienen las selvas secundarias

(regeneradas) en diferentes fases de desarrollo, así como las pérdidas debidas a varios factores explicados en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Materia orgánica y nutrientes en la vegetación forestal secundaria.

Edad	Producción materia veg.	Elementos Nutrientes		
		Nitrógeno	Fósforo	Potasio
	Toneladas de materia seca por ha	----- Kilogramos por ha -----		
2	20	190	22	169
5	112	570	32	420
8	153	580	35	670
18	175	700	108	820

Cada hectárea de bosque secundario a los 18 años de edad tiene más o menos el equivalente de 3,5 toneladas de sulfato de amonio, 6 de superfosfato y 1,5 de cloruro de potasio. Al talar o quemar esa vegetación se pierde inmediatamente casi todo el nitrógeno, y una gran cantidad de fósforo y potasio contenidos en las cenizas, se perderá por lixiviación antes de ser absorbida por el suelo. Asimismo, se indica otras pérdidas ulteriores de sus elementos, por obra de la erosión y la lixiviación; el potasio asimilable de 200 kg, contenido en el suelo, quedará reducido a 75 kg a los tres años de haberse desbrozado un terreno y plantado cafetos en hileras.

En la mayoría de los casos a pesar de estas pérdidas, el volumen

de elementos nutritivos que permanecen, es suficiente para cubrir las necesidades de cultivos remuneradores, durante un nuevo uso en siembras anuales; pero después del primer período y a medida que pasan los años decrece el rendimiento de los cultivos, lo cual obliga a abandonar estos sitios y desbrozar otras tierras.

El aumento demográfico de los países tropicales, exigirá en un futuro próximo la tecnificación máxima en la producción y en la productividad de los recursos naturales renovables. Esta situación implica el uso adecuado, óptimo y múltiple del suelo, para atender la demanda de alimentos y otras necesidades del hombre (63), evitando los efectos directos e indirectos del mal uso de la tierra (23). Una práctica tendiente a este objetivo sería la explotación simultánea y temporal de cultivos estacionales en plantaciones forestales, conocida como sistema "taungya" (64).

Este método además de favorecer las condiciones socioeconómicas de la gente (8), representa la vía más barata de controlar las malas hierbas y el establecimiento de especies forestales valiosas (31, 49).

Holdridge (29) en 1959, propone la idea de experimentar la combinación de agricultura migratoria con cultivos arbóreos de diferentes edades. Wilm (66) aconseja que cuando se practique el cultivo migratorio en las zonas desmontadas, se realice inmediatamente plantaciones de árboles por el método "taungya" como forma de enriquecimiento de la tierra.

#### 1. El sistema "taungya"

La necesidad de elevar la producción a niveles razonables, señalan



cada vez con mayor claridad, que la agricultura migratoria continuará practicándose en numerosas regiones tropicales y debe mejorarse como método de aprovechamiento del suelo. Al respecto Budowski (11) y Verdusco (62) consideran que existen dos posibilidades de solución: a) el sistema "taungya", y b) la creación de grandes complejos industriales forestales que permitan el aprovechamiento integral del bosque.

El sistema mixto de agricultura y silvicultura conocido como "taungya", tuvo su origen en la India en el año 1869 (53). Es el nombre birmano para el cultivo temporal de la tierra de pendiente: taung = ladera y ya = cultivo, usualmente de carácter temporal (9). Se define como la práctica de ayudar a la tierra a producir más para beneficio del hombre (16).

Este sistema ha sido practicado en varios países bajo diversidad de condiciones y nombres: en el Africa Oriental se lo conoce como "sistema shamba", en el Congo Belga "Mayumbe" (50), en las Islas Filipinas se denomina "Kaingin", en Java, Indonesia como "Tumpang-sari" (31), "rab system" en Bombay (50), en Madrás, India se lo designa "rab cumkumr" (37), en Mysore se lo denomina "Kumr" (54) y en Venezuela "entable" (22).

### 1.1 Descripción del método

Las operaciones a seguir mediante la aplicación del sistema "taungya" han sido descritas por varios autores (25, 50, 63, 65). Coinciden en que se inicia el proceso con la limpia del terreno, por medio de la rosa o tumba, procediéndose de inmediato a la extracción de la madera valiosa y a la obtención de leña o carbón. Se concede luego a los agricultores el usufructo de la tierra por uno o dos años, antes de

plantar los árboles, enseguida se realiza la plantación, pudiéndose continuar con los cultivos uno o dos años más.

Trinidad difiere a los anteriores, como anota Bell (7), que seis meses antes de establecer una plantación de teca, se permite a los agricultores sembrar sus cultivos; los residuos sobrantes son quemados y plantada la teca junto con un segundo cultivo.

## 2. Utilización del sistema agrisilvicultural

En todas las regiones donde se ha practicado este sistema, la explosión demográfica ha sido un factor decisivo, sobre todo en aquellas latitudes menos desarrolladas, como América Latina, India y el Lejano Oriente (8). Sin embargo, Lamb (40) manifiesta que aún se puede obtener buenos resultados donde es baja la demanda de tierras, pero condicionada a una buena disciplina, debiéndose a la vez remunerar al agricultor por cada sector de tierra establecida con buenos resultados. Asimismo, otro factor que incide en esta situación es el sistema actual de tenencia de la tierra (8, 11, 52).

A pesar de no ser el África su lugar de origen, es aquí donde ha alcanzado su máximo desarrollo, con reforestación de algunos millones de hectáreas (63). Se han logrado resultados satisfactorios en los países de la Zona Templada Septentrional, países Escandinavos, los países del Norte de Europa y los Estados Unidos, donde el aprovechamiento del suelo, se funda en la combinación de la agricultura y las explotaciones forestales en empresas familiares (8). Resultados similares se han reportado desde las Indias, Australia Tropical, Bengala del Oeste, la Isla de Nueva Bretaña en el Pacífico Tropical, Trópico en general (12), las

Filipinas y en Martinica (19).

En Kenia las cuatro quintas partes de la superficie total repobladas en ese país en 1965, han sido realizadas bajo este sistema (46). Angola ha adoptado un sistema integrado café-silvicultura, utilizando especies de rápido crecimiento (58). En Sembilán, Nígeria, el sistema ofrece muchas promesas, especialmente para aquellas áreas pobres en bosques (18).

El sistema fue introducido en América en el año 1928, siendo en la Isla Trinidad donde se realizaron los primeros ensayos (7). También desde Honduras Británica se ha reportado prácticas del sistema (62, 63).

Verduzco (63) informa que en México se iniciaron los primeros ensayos en 1962 con resultados notables a los ocho años. En Turrialba se han realizado algunos trabajos relacionados, habiéndose llegado a conclusiones satisfactorias (2, 11, 12).

### 3. Asociaciones agrisilviculturales

#### 3.1 Elección de especies forestales

En esta selección deben influir sus propias características, las condiciones de estación y los mercados potenciales (40). Las características principales son: el empleo de especies valiosas de rápido crecimiento, la eficiencia en el uso de luz y de fácil adaptación a diferentes condiciones climáticas, edáficas y sobre todo su capacidad de competencia con otras especies invasoras (12, 23, 52). Es necesario investigar las condiciones indispensables de estas asociaciones (23), requeridas para cada zona y para cada especie forestal, con el propósito de producir

altos volúmenes de madera industrial (18) o llegar a cumplir su labor de protección a algunos cultivos (6).

### 3.2 Características e importancia de Cordia alliodora

El laurel Cordia alliodora es una de las especies más conocidas en los países del trópico americano debido a las grandes cualidades de su madera y rápido desarrollo (30, 44). Tiene una amplia distribución natural que va desde México hasta Bolivia (14). Es típico del bosque de segundo crecimiento y se establece rápidamente en terrenos abiertos aún cuando hayan sido pastoreados, cualidad que presentan pocas especies arbóreas (44, 51).

Tiene un tronco recto y libre de ramas hasta considerable altura, aunque crezca en lugares abiertos, alcanza fácilmente alturas de 25 m (43). Las primeras ramas aparecen cuando las plántulas alcanzan de 10 a 20 cm. En variedades que poseen la hormiga domatia, los nudos se abultan a lo largo de la elongación de las ramas laterales (36).

Cuando el árbol es joven, la corteza tiene un color pardo oscuro, ordinariamente cubierto de líquenes blancos y poco fisurada; en la edad madura se vuelve más oscura presentando un aspecto agrietado (51).

Las hojas son simples, alternas, elíptico oblongas y enteras, con bordes enteros, ápice agudo, base cuneiforme con una longitud promedio de 8 a 15 cm. Es una especie de los árboles tropicales que en la época seca defolia casi totalmente. Las flores son pequeñas, blancas, dialipétalas, agrupadas en fascículos grandes. El cáliz es de 5 mm. de largo con 5 diminutos sépalos; la corola tiene 5 pétalos de más o menos 5 mm de largo y el fruto es una nuecesita de 5 a 7 mm de largo por 1 a 1,5 mm de ancho (51).

Desarrolla mejor en el bosque tropical húmedo y bosque tropical muy húmedo de la clasificación ecológica de Holdridge, que corresponde a temperaturas medias anuales superiores a 24°C y una precipitación entre 2.000 - 8.000 mm. Crece también en las formaciones de bosque premontano húmedo, premontano muy húmedo y tropical seco (51).

La regeneración natural es muy abundante cuando hay muchos árboles semilleros, debido a las cualidades de su semilla. Compete ventajosamente con las especies invasoras del bosque secundario que ocupan terrenos anteriormente cultivados, pudiéndose usar satisfactoriamente varios métodos de regeneración natural que resultan relativamente económicas (14).

No es una especie exigente en suelos, aunque desarrolla mejor en suelos profundos con buen drenaje (14).

La madera de C. alliodora tiene una densidad media, es liviana y porosa aunque bastante fuerte, pudiéndo catalogar entre las maderas semiduras. Es fácil de trabajar, se contrae poco, es durable y muy utilizada para laminar, aserrar o en ebanisterías, para objetos torneados y otros usos; se le considera de amplia utilización.

Loján (42), en un estudio llevado a cabo en Turrialba, encontró que perteneciendo esta localidad al hemisferio Norte, el período de días más largos se presenta de abril a setiembre, que coincide con los períodos de mayor crecimiento de laurel, cuya estación de actividad cambial es de junio a diciembre con el máximo en agosto.

Johnson y Morales (36) reportan que bajo condiciones favorables, las plantas de laurel pueden alcanzar más de 2 m de altura al primer año;

anotando que esta actividad ocurre a través de toda la estación de crecimiento en intervalos periódicos, con un desarrollo de la yema terminal relativamente lento durante el tiempo de la elongación de las ramas laterales, lo cual empieza antes que los verticilos inferiores inicien su crecimiento periódico. La actividad del cambium empieza con el crecimiento periódico terminal y alcanza un máximo en la mitad de la estación.

Cañadas (15), en un ensayo en Turrialba sobre propagación de especies por pseudoestaca, determinó que la cubierta de bosque favoreció la sobrevivencia inicial de laurel, pero que su desarrollo en altura y diámetro fue inferior al que se registró en el dosel formado por el pasto, no habiendo correlación entre el diámetro inicial de las pseudoestacas y su comportamiento en sobrevivencia y altura.

Vastey (61), probando el grado de enraizamiento de estacas de laurel, encontró que la radiación no favoreció su arraigamiento y no hubo diferencia significativa con respecto a la aplicación de hormonas.

### 3.3 Selección de cultivos agrícolas

Su escogencia debe hacerse en base a las condiciones climáticas y la calidad de suelo disponible (65).

### 3.4 Asociaciones recomendables

Rogers (57) informa que en Caieiras, Brasil, después de sembrar maíz, se siembra Stizolobium aterrimum, como abono verde; se ara el terreno al año siguiente y finalmente se siembra Araucaria angustifolia en asociación con maíz. En Minas Gerais son comunes durante el primer año las plantaciones de Cunninghamia lanceolata, asociada con habas y maíz

durante el segundo; también han dado excelentes resultados las plantaciones de Araucaria angustifolia con dos años de maíz (23). En Peray, Misiones, después del desmonte se acostumbra el cultivo de Manihot utilisima durante dos años (51).

Flinta (23) recomienda la asociación de Populus spp. con cultivos, únicamente durante los primeros tres o cuatro años, tal como se hace en Italia con patatas, tabaco, maíz y remolacha azucarera. En Honduras Británica Swietenia macrophylla se planta en general con maíz.

Acosta Solís (1), en experiencias realizadas en Ecuador recomienda sembrar maíz, arvejas y lupinus en las plantaciones de Eucalyptus. Además, informa haber cultivado maíz durante tres años en plantaciones de Pinus radiata.

En ensayos realizados en el Bajo Congo, plántulas de las especies Chlorofora excelsa, Vitex guillete y Bosqueia angolensis, se intercalaron entre bandas cultivadas con yuca, alternando con aquellas enriquecidas con Musanga smitii (49).

En Seremban, Nigeria, 1968, se asociaron las especies locales Dryobalanops aromatica, Shorea leprosula, S. ovalis, Swietenia macrophylla y Shorea curtisii, con bananos, papayas, piñas y hortalizas, así como Pinus caribaea con yuca y bananos. Además de estas especies forestales se han ensayado otras de rápido crecimiento: Anthocephalus chinensis, Gmelina arborea y Araucaria hunsteinii (18).

Navarro Andrade (48) en la Argentina, indica la ventaja de asociar Eucalyptus con arroz, frijoles, y sobre todo algodón. En Cuba en

un ensayo para establecer Tectona grandis, se eligió la piña como cultivo intercalado (21). En Turrialba se obtuvieron buenos resultados con el asocio de Cordia alliodora, Cupressus lusitanica, Swietenia humilis y Tectona grandis con maíz, frijol y yuca (2). Cultivos de maíz, batatas y pimientos son intercalados en los cultivos de teca en Nigeria (31).

Es muy común la plantación de especies forestales para dar sombra a algunos cultivos perennes, para té se utiliza en Colombia y Venezuela Cordia alliodora o Grevillea robusta (23), en Puerto Rico se usan como sombra de cafetales Guarea trichiloides, Dendropanax arboreum, Cordia alliodora y Ocotea sp. (45). Los árboles de cacao se plantan en Trinidad y Venezuela (23, 40), bajo la protección de Tabebuia pentaphylla, Erythrina glauca, Inga sp., Cedrella odorata, Cordia alliodora y Swietenia macrophylla.

También se han ensayado asociaciones de banano con Cedrella odorata en Ecuador (23), Terminalia superba en la República Democrática del Congo y Swietenia macrophylla en Trinidad (45).

En plantaciones de caucho en la Amazonía se ha empleado preferentemente Pueraria phaseoloides (23) y en Turrialba se han obtenido grandes beneficios, con las plantaciones mixtas de cacao y caucho (33).

#### 4. Métodos de plantación forestal

Budowski (11) señala que el empleo de técnicas tales como la plantación en tocones o pseudoestacas (stumps) y plantas a raíz desnuda, disminuyen los costos de las reforestaciones. Sin embargo, también se utilizan plantas en cepellones o pan de tierra, preparadas en almácigos



o envases variados, como también siembra directa.

#### 4.1 Preparación del terreno

Una vez que las tierras han sido cultivadas, se suele proceder al señalamiento del área para la plantación forestal, en base al espaciamiento prefijado; las estacas utilizadas en esta labor tienen la ventaja de que permiten ver con facilidad los arbolitos plantados, lo cual evita que sean dañados por los agricultores al limpiar los cultivos. En tierras cultivadas no es necesario abrir hoyos muy grandes para plantar; ciertas especies como los cipreses, responden en una forma extraordinaria a la plantación en un suelo bien cultivado (50).

#### 4.2 Período de plantación

Parry (50) afirma que en algunos lugares donde son dos las temporadas de lluvia, la época de plantación de árboles no coincide con la época de siembra de los cultivos agrícolas; es necesario sincronizar estas dos actividades. Cuando la plantación de árboles se hace al mismo tiempo que la siembra de cultivos, se puede exigir a los cultivadores que mantengan los arbolitos libres de maleza hasta el período de cosecha, siendo necesarias varias limpiezas al año hasta que el dosel cierra. Budowski (11) indica haber obtenido buenos resultados con arbolitos de Cordia alliodora, plantados a raíz desnuda, al mismo tiempo que se siembran los cultivos.

#### 4.3 Espaciamiento

Es necesario adoptar un espaciamiento que convenga por igual a los fines de la silvicultura y de la economía. Una plantación densa acorta el período en que el suelo queda expuesto a los factores ambientales,

ofreciendo además mayores oportunidades para la elección de pies durante los tres primeros aclareos, / acortando la permanencia de los agricultores en el área; sobre todo en zonas muy lluviosas en las cuales los suelos pierden su fertilidad (50).

En el Africa Occidental las especies frondosas se establecen con un espaciamiento inicial de 3,5 x 3,5 metros. En Mayumbe (Congo Belga) las plantaciones de Terminalia superba se instalan a 4 x 4 metros y 12 x 4 metros en terrenos donde se cultiva banano (40).

En Benin, se plantan las caobas con 9 x 9 metros de espaciamiento, en una plantación de Nuclea spp. establecida a 3,5 x 3,5 metros, respondiendo éste a las exigencias aparentemente contradictorias de cubrir el terreno rápidamente y evitar las epidemias de insectos (32, 50). En adjudicaciones mixtas "taungya" se utiliza un espaciamiento 3,5 x 3,5 metros (40).

En Nigeria Oriental, bajo la sombra de copa alta de especies naturales de un bosque explotado selectivamente, se han plantado los cacaoteros a 3 x 3 metros y árboles madereros a 6 x 6 metros, asociados con plátanos y yuca (40).

En Turrialba, Aguirre (2) empleó distanciamientos de 3 x 3 metros para especies forestales, entre las cuales intercaló los cultivos agrícolas.

## B. La fertilización forestal

Los árboles como todas las plantas necesitan para crecer de un conjunto de nutrientes, parte esencial de los cuales está constituido por una serie de elementos químicos, que al no estar presentes impiden

su crecimiento normal (23, 26).

El aprovechamiento de los árboles se produce a intervalos largos; siendo ésta la razón de no considerar necesario restituir ciertas cantidades de nutrientes extraídas del suelo, basado en las grandes cantidades de materia orgánica que el bosque proporciona, sin considerar que cada porción de estos elementos deben ser tomados durante la vida de los árboles (68). Además, ha sido comprobado que en las regiones más húmedas de la tierra, a causa de las lluvias abundantes, los suelos formados con vegetación forestal pierden por lixiviación los elementos nutritivos (34).

Con el objeto de conseguir un nivel satisfactorio de crecimiento que en conjunto da una mejor producción de madera, se ha recurrido a la fertilización (43), que fue experimentada en Francia por primera vez en bosques en el año 1847 por Chevalier de Valdrone (6). En la actualidad han sido comprobados plenamente las posibilidades de aumentar el crecimiento y rendimiento de los bosques mediante esta práctica (38, 43, 47).

Un tratamiento de fertilización aplicado apropiadamente en etapas tempranas, retribuye su inversión, debido a la mejor sobrevivencia de la especie (6).

Horales y otros (47), al referirse a la importancia de la fertilización en cultivos asociados con especies forestales, indican que la razón principal es la de reponer la fertilidad que los cultivos intercalados remueven del suelo, de tal manera que no se reduzca la fertilidad disponible para los árboles.

Metro (46) manifiesta que la duración de la respuesta de las masas puede variar entre 5 y 40 años, dependiendo principalmente del tipo y cantidad de fertilizantes, la naturaleza del suelo, el drenaje, el clima así como el índice de estación.

Los fertilizantes aplicados en las etapas anteriores al aprovechamiento, dan lugar a un crecimiento más rápido de los árboles en clases más remunerativas y altas, redundando en mayores ventajas económicas (6, 46).

Varios experimentos sobre fertilización en especies forestales han sido llevados a cabo en algunos lugares con diferentes resultados.

En un ensayo de fertilización de Cordia alliodora y Antocephalus cadamba efectuado en Turrialba en dos sitios diferentes, se encontró diferencias significativas en su crecimiento en base a los tratamientos de abonamiento con nitrato de amonio, muriato de potasio y superfosfato triple.

No variaba la reacción de las especies en cuanto a la calidad del abono, pero sí en cuanto a la cantidad para Cordia alliodora (55).

Otro ensayo en Turrialba probó la respuesta del P. caribeeae var. hondurensis y E. saligna a la acción de un fertilizante compuesto, el E. saligna respondió ampliamente a la fertilización, mientras que el P. caribeeae var. hondurensis no respondió (41).

## 3. MATERIALES Y METODOS

## A. Localización de las parcelas de ensayo

La presente investigación se llevó a cabo en los terrenos del Departamento de Ciencias Forestales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en Turrialba, Costa Rica. Las parcelas en estudio están localizadas en el sitio denominado "Bajo San Lucas", a una elevación de 570 m s.n.m., con una temperatura media anual de 22,3°C\* y una precipitación anual de 2.662,8 mm\*\*. Correspondiendo a la formación ecológica de Bosque muy húmedo Premontano, de acuerdo con la clasificación de formaciones vegetales de Holdridge (28).

El Cuadro 2 resume las condiciones climáticas en el período en el cual se llevó a cabo el ensayo.

Cuadro 2. Datos de precipitación y temperatura para Turrialba. Agosto 1974-Julio 1975.

Meses	Precipitación (mm)	Temperatura media (°C)
Agosto	288,3	21,6
Setiembre	184,2	21,9
Octubre	220,7	21,2
Noviembre	175,2	20,8
Diciembre	402,0	20,3
Enero	131,4	19,8
Febrero	19,7	19,9
Marzo	19,7	21,4
Abril	33,0	21,3
Mayo	112,3	22,2
Junio	226,6	21,4
Julio	326,8	20,9

\* Promedio de máximo + mínimo, desde 1958 a 1974.

\*\* Corresponde al promedio desde 1944 a 1974.

## 1. Suelos

Según Hardy (27) los suelos de este sitio corresponden a la serie Banco Arenoso. Son suelos muy delgados con predominio del material matriz y no presentan perfil definido. El material parental del suelo está formado por aglomerados del plioceno inferior y caen dentro del grupo de los litosoles. Estos suelos están expuestos al rejuvenecimiento constante por acción de la erosión, por tal razón son poco desarrollados. El suelo en general presenta un buen porcentaje de grava y piedras de diferentes tamaños.

De acuerdo con la clasificación de suelos dada por Aguirre (3) los suelos de Bajo San Lucas donde se realizó el experimento, han sido clasificados como misceláneos y pueden ser utilizados para pastoreo, lotes de árboles, vida silvestre, y en menor proporción para cultivos agrícolas.

La pendiente del sitio va del 10 al 20 por ciento.

## B. Diseño Experimental y tratamientos

Se usó un diseño de Bloque Completo <sup>1920</sup> Randomizado con parcelas divididas, con 4 tratamientos (parcelas), 5 repeticiones (bloques) y dos subtratamientos para comparar el incremento acumulado de la altura y el diámetro del laurel (Cordia alliodora). Los tratamientos principales son: laurel sin asocio y sin fertilización, laurel con asocio y sin fertilización, laurel sin asocio y con fertilización y laurel con asocio y con fertilización. Los subtratamientos fueron dos métodos de plantación: pseudoestacas y plantas completas. El distanciamiento de plantación fue de 2,5 x 2,5 metros entre plantas e hileras.

Las parcelas principales tenían la forma rectangular de 12,50 x 10 metros y 30 plantas, y las subparcelas ocupaban la mitad del área de las parcelas principales y tenían 15 plantas, Fig. 1, correspondiendo a una densidad de 1.600 plantas/ha.

### C. Instalación del ensayo

#### 1. Obtención del material de plantación

La semilla de los arbolitos utilizados en la plantación fue obtenida en Turrialba y crecida en los viveros del Departamento de Ciencias Forestales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Fue sembrada el 5 de julio de 1973 y repicada a eras 3 semanas después, donde se desarrollaron por 13 meses, hasta la fecha de plantación definitiva, los días 21 y 22 de agosto de 1974. Para la plantación se procedió a seleccionar las plantas por su forma, altura, diámetro y sus condiciones fitosanitarias, rechazando aquellas que presentaban síntomas de enfermedades o ataques de insectos.

Las plántulas se dividieron en dos grupos: plantas completas y pseudoestacas. A las segundas se las podó, dejándoles 22 cm de tallo y 15 cm de raíz. La altura promedio de las plantas completas fue de 40 cm y un diámetro de 0,65 <sup>m</sup>cm y de 1,1 cm para la pseudoestacas. Apenas extraídas del suelo se sumergían las raíces en una solución de agua y tierra, para evitar marchitamiento, procediéndose luego a embalarlas con telas de yute en paquetes de 100 plantas, y luego para ser transportadas y plantadas inmediatamente en el sitio del experimento.

Para el cultivo intercalado se utilizó semilla de maíz de la variedad Tuxpeño 1, planta baja proporcionada por el Departamento de

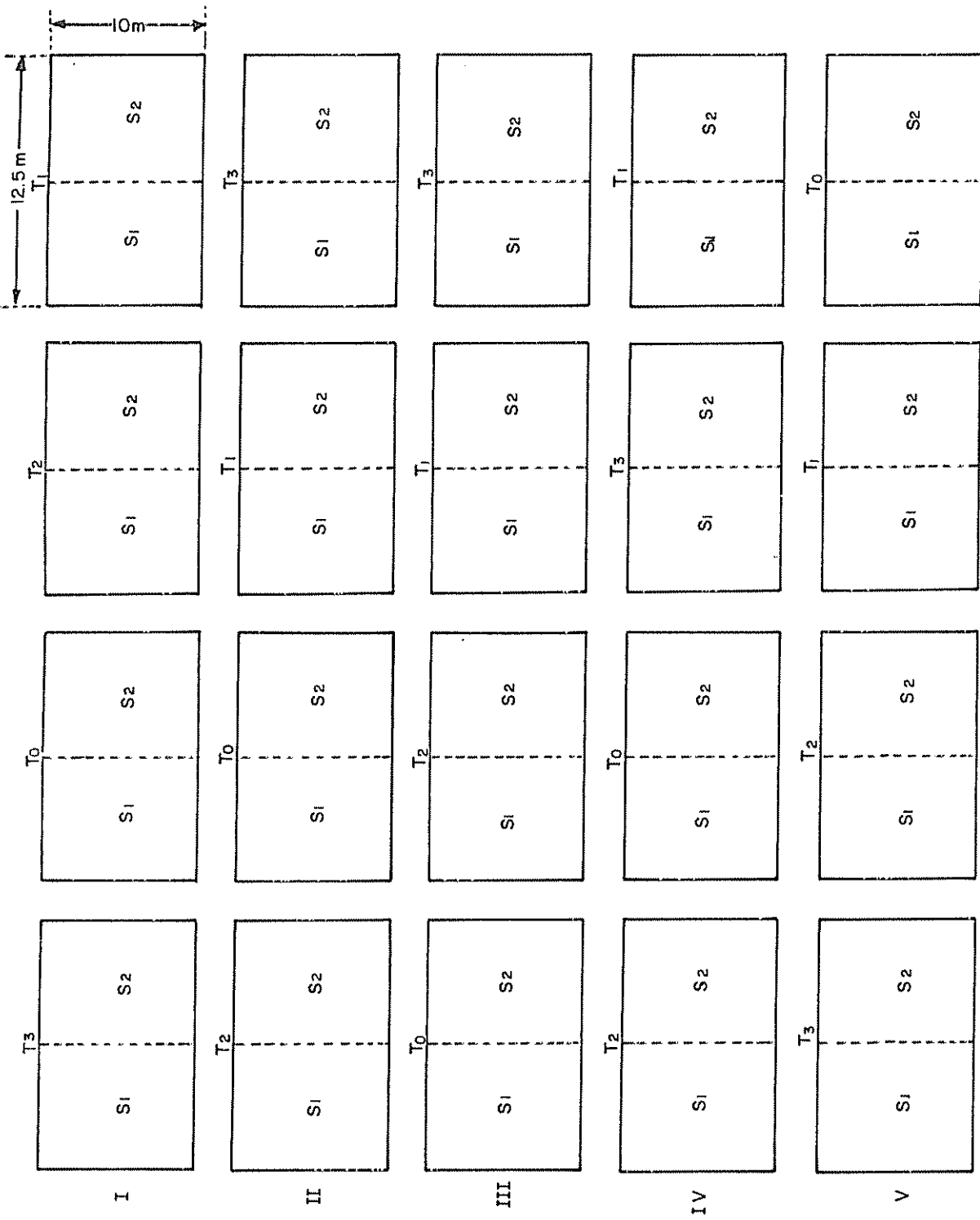


Fig. 1 Distribución de las parcelas del ensayo

T<sub>0</sub> = Cordia sin asocio y sin fertilizante  
 T<sub>1</sub> = Cordia con asocio y sin fertilizante  
 T<sub>2</sub> = Cordia sin asocio y con fertilizante  
 T<sub>3</sub> = Cordia con asocio y con fertilizante  
 S<sub>1</sub> = Pseudoestaca  
 S<sub>2</sub> = Planta completa



## Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE.

### 2. Preparación del suelo

La preparación del suelo consistió en una limpia o desbroce de toda la vegetación herbácea y leñosa existente, y la extracción de los troncos y ramas las cuales fueron colocadas formando una barrera de contención en la parte superior del área del ensayo, para controlar la erosión del suelo.

### 3. Método y época de plantación del laurel

Para realizar la plantación se prepararon hoyos de 20 x 20 y 25 cm de largo, ancho y profundidad respectivamente. La plantación se efectuó el 21 y 22 de agosto de 1974, con días nublados y lluviosos.

### D. Cuidados culturales

Se realizaron cinco limpias para eliminar la maleza vecina a las plantas de laurel: las tres primeras el 23 de octubre de 1974, el 8 de febrero de 1975 y el 13 de julio de 1975, respectivamente (Cuadro A2 ). Se utilizó el sistema conocido como "coronas individuales" en un perímetro de 60 cm de diámetro alrededor de cada planta. Las otras dos limpias fueron generales para todas las parcelas, el 18 de diciembre de 1974 y el 21 de abril de 1975, a fin de preparar el terreno para las siembras de maíz.

### 1. Siembra del maíz

El 26 de agosto de 1974 se realizó la primera siembra de maíz fertilizado en franjas, la misma que debido a un error de distribución en las parcelas se la eliminó. Esto determinó que las observaciones del

ensayo se realicen a partir del mes de diciembre de 1974, cuando la plantación de laurel ya contaba con cuatro meses de edad, y que el experimento sea diseñado adecuándose a las condiciones del campo, para controlar las posibles fuentes de variación.

Durante el período de toma de datos o sea a partir de diciembre, se realizaron dos siembras de maíz, la primera el 20 de diciembre de 1974 y la segunda el 3 de mayo de 1975.

El maíz fue sembrado intercalado en las parcelas de laurel en que correspondió este tratamiento por sorteo. Se sembraron dos hileras entre las hileras de laurel, a una distancia de un metro entre surcos y 0,50 m sobre el surco. En las hileras de laurel se intercaló a una distancia de 1 m entre planta y planta de esta especie (Fig. 2). Se pusieron tres semillas por golpe para dejar dos plantas después del raleo, lo cual corresponde a una densidad de 41.280 plantas por ha.

## 2. Fertilización

Se aplicaron 250 kg de fertilizante por hectárea, con un total de 84,5 kg de N, 100 kg de  $P_2O_5$ , 35 kg de  $K_2O$  y 12,5 kg de Mg en dos épocas de aplicación y para cada una de las siembras del cultivo asociado. La primera al momento de la siembra, usando la fórmula comercial 15 - 30 - 8 (37,5 - 75 y 20 kg/ha) y la segunda 22 días después de la siembra con la fórmula 20 - 10 - 6 - 5 (50 - 25 - 15 y 12,5 kg/ha).

El fertilizante se aplicó tanto al cultivo agrícola como a la especie forestal, en los tratamientos que debían recibirlo. El fertilizante fue aplicado alrededor de las plantas de laurel a una distancia de 20 cm y en el maíz en surcos junto a las hileras (a cada una de las

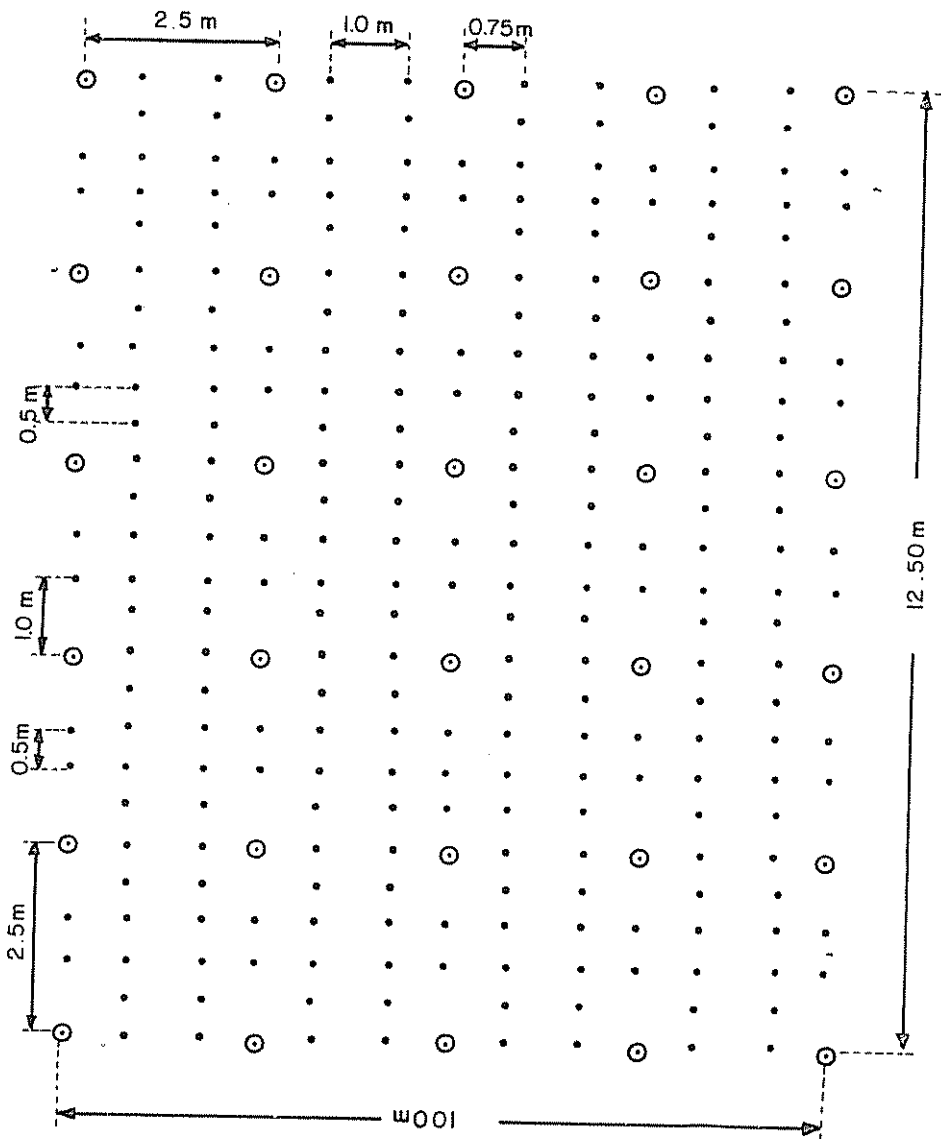


Fig.2 Distribución de las plantas de maíz intercaladas en la plantación de *C. alliodora*

○ *C. alliodora*

• Maíz

parcelas les correspondió 3.125 gr). Las plantas de laurel sin asocio recibieron cada una por aplicación 56 gr y las asociadas 28 gr. La menor dosificación de las asociadas se debió a que en esas parcelas el maíz también recibía fertilizante.

### 3. Control fitosanitario

A los 45 días de la siembra apareció un ataque en el maíz de Spodoptera frugiperda, siendo necesario realizar una aplicación de Cytrolane (fórmula granulada) en dosis de 2 kg/ha.

También se notó el ataque de un homóptero asociado con un hemíptero, no identificados, provocando necrosis y caída de las hojas de las plantas de laurel. Se hizo el control primeramente con metil parathión en dosis de 1.500 cc/ha y un segundo control con metasixtox en dosis de 115 cc/ha los días 22 de febrero y 23 de abril, respectivamente.

### E. Variables que se midieron

#### 1. Altura

La altura de las plantas se midió, utilizando una regla graduada en cm, a partir de la base del tallo, a nivel del suelo, sitio que se marcó con una pequeña lámina metálica, hasta la parte superior de la yema apical, con aproximación al cm. Las lecturas se hicieron cada 30 días, durante 8 meses: diciembre de 1974 a julio de 1975.

#### 2. Diámetro

Esta variable se tomó a 5 cm del sitio marcado por la lámina metálica, que fue señalado con pintura para usar el mismo lugar en todas las lecturas posteriores. Para las medidas de diámetro se utilizó

un calibrador con vernier con aproximación de 1/10 de mm.

El acopio de datos de las variables altura y diámetro se realizó utilizando el Formulario de Campo N° A1\*.

### 3. Rendimiento de grano de maíz

El peso total por parcela fue considerado como rendimiento y se registró en toneladas métricas de grano seco por hectárea.

### 4. Rendimiento de biomasa

Se determinó el peso seco total de la planta al momento de la cosecha, secado el material en estufa a 70°C, hasta peso constante.

## F. Cálculo de los costos

Se abrió un registro en el cual se anotó, el tiempo en horas hombre/ha empleado en cada una de las labores desarrolladas, durante el período que duró el ensayo, así como todos los costos para cada uno de los insumos y sistemas de reforestación.

## G. Análisis de la información

Con los datos de altura y diámetro observados, se realizaron los siguientes análisis estadísticos (59):

### 1. Pruebas de diferencias de medias (Pruebas de Hipótesis).

#### a. Para tratamientos:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2, \mu_3, \mu_4$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2, \mu_3, \mu_4$$

---

\* La letra A significa que el cuadro aparece en el Apéndice.

donde:  $\mu_1, \dots, \mu_4$  = Promedios de tratamientos

b. Para los subtratamientos:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$$

donde:  $\mu_1, \mu_2$  = Promedios de los subtratamientos

## 2. Análisis de varianza

La información de altura y diámetro de las plantas se analizaron como Bloque Completo Randomizado, según el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + \beta_i + \tau_j + (\beta.\tau)_{ij} + \alpha_k + (\tau.\alpha)_{jk} + (\beta.\alpha)_{ij} +$$

$$(\beta.\tau.\alpha)_{ijk} + \theta_l + (\tau.\theta)_{jl} + (H.\theta)_{kl} + (\tau.\alpha.\theta)_{jkl} +$$

$$(\beta.\theta)_{il} + (\beta.\alpha.\theta)_{ikl} + (\beta.\tau.\theta)_{ijl} + (\beta.\tau.\alpha.\theta)_{ijkl} +$$

$$E_{ijklm}$$

donde:  $Y_{ijklm}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media común

$\beta_i$  =  $i$ ésimo bloque

$\tau_j$  =  $j$ ésimo tratamiento

$\alpha_k$  =  $k$ ésimo subtratamiento

$\theta_l$  =  $l$ ésima edad

$E_{ijklm}$  = Error experimental

### 3. Regresiones

Se efectuaron regresiones entre las variables: altura y diámetro con la edad. Las regresiones se ajustaron a las siguientes funciones:

$$\text{Lineal} \quad : \quad Y_i = b_0 + b_1 X_i$$

$$\text{Cuadrática} \quad : \quad Y_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 X_i^2$$

$$\text{Logarítmica} \quad : \quad Y_i = b_0 X_i$$

$$\text{Geométrica} \quad : \quad Y_i = b_0 b_1^{X_i}$$

$$\text{Raíz cuadrática} \quad : \quad Y_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 \sqrt{X_i}$$

$$\text{Gamma} \quad : \quad Y_i = b_0 e^{-b_1 X_i} X_i^{b_2}$$

donde:  $Y_i$  = Variable de respuesta

$X_i$  = Variable aleatoria

$b_0, b_1, b_2$  = Coeficientes de regresión

### 4. Tamaño de la muestra

Para estimar las variaciones de la biomasa a la cosecha entre tratamiento, se procedió mediante un muestreo irrestricto al azar. El tamaño de la muestra fue determinado para cada tratamiento, mediante muestreos previos tomando como variable de referencia de la variabilidad del cultivo, la altura de las plantas; se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{1}{\frac{d^2}{s^2 c^2} + \frac{1}{N}}$$

donde:  $n$  = tamaño de muestra

$d$  = precisión

$s^2$  = varianza

$C$  = nivel de confiabilidad

$N$  = tamaño de población

Error  $\pm 10$  por ciento del promedio general.

$C = G.L. - 1$



## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

## A. Tamaño de las plantas en la primera observación

En el Cuadro 3 se presentan los promedios iniciales de altura y diámetro de las plantas de laurel. La prueba de "t" muestra diferencias significativas entre las medias de las observaciones al nivel del 1 por ciento al inicio del experimento para alturas de las plantas, entre pseudoestaca y planta completa; las pseudoestacas demostraron superioridad. Este resultado podría ser consecuencia de la reacción diferente de los dos métodos; mientras la planta completa sufrió un necrozamiento del tallo, en la pseudoestaca a pesar de haberse iniciado con un tamaño menor en altura, el crecimiento fue inmediato apenas obtuvo su prendimiento. Este factor originó que las pseudoestacas tuvieran un adelanto en emitir rebrotes de aproximadamente dos meses en comparación a las plantas completas; un comportamiento similar se observó en el análisis del diámetro en los dos tratamientos. En la mayoría de las plantas completas el crecimiento inicial de un nuevo tallo, reemplazó al tallo principal.

Cuadro 3. Promedios de la altura y diámetro en cm, coeficiente de variación y valores de "t" de C. alliodora a la primera observación.

Subtratamientos	Altura			Diámetro		
	$\bar{X}$ (cm)	C.V. %	t 0,01	$\bar{X}$ 0,01	C.V. %	t 0,01
Pseudoestaca	47,65	22,00	7,15**	1,36	18	10,34**
Planta completa	29,42	15,00		0,76	8	

\*\* Indica diferencias significativas a nivel del 1% de probabilidad.

## B. Supervivencia

En el Cuadro 4 se presenta el porcentaje de supervivencia del laurel a los dos meses de edad. La prueba de "t" que compara el promedio de plantas vivas, entre pseudoestacas y plantas completas, mostró que las pseudoestacas tuvieron un porcentaje significativamente mayor de supervivencia del 16,21 por ciento sobre la planta completa.

El mayor porcentaje de mortalidad registrada para planta completa posiblemente se deba al necrozamiento de la planta como consecuencia de un desequilibrio fisiológico entre la evapotranspiración y la absorción de agua. Esta situación retardó el rebrote de las nuevas yemas del sector inferior del tallo. Datos similares fueron encontrados también por Aguirre (2), en un estudio con laurel.

Cuadro 4. Porcentaje de supervivencia de C. alliodora a los dos meses de plantación.

Subtratamientos	B L O C U E S					$\bar{X}$	t = 0,01
	I	II	III	IV	V		
Pseudoestaca	96,67	98,33	100,00	100,00	95,00	98,00	5,18**
Planta completa	76,67	86,67	83,33	83,33	91,67	84,33	

\*\* Indica que hay diferencias significativas al nivel del 1% de probabilidad.

En el Cuadro 5 de Análisis de Varianza para la supervivencia al finalizar el ensayo no se encuentran diferencias significativas, lo que nos indica que el comportamiento fue similar en el porcentaje de supervivencia en todas las situaciones estudiadas.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la supervivencia de C. alliodora al finalizar las observaciones.

Fuentes de variación	G. L.	S. C.	C. M.	F <sub>0</sub>	F	Signif.
Bloques	4	317,89	79,47	2,31	3,26	n.s.
Tratamientos	3	200,08	66,69	1,91	3,49	n.s.
Error (a)	12	411,21	34,26			
Sub-parcelas	1	71,13	71,13	2,13	4,49	n.s.
Interacción S x T	3	62,24	20,74	0,62	3,24	n.s.
Error (b)	16	533,29	33,33			
Total	39	1.595,84				

## C. Respuesta a los tratamientos

## 1. Altura

El Cuadro 6 contiene los datos de altura promedio en cm por subtratamientos para los ocho meses de observaciones.

Cuadro 6. Datos tabulados para cálculo de estimadores de la altura de plantas de C. alliodora.

Tratamiento	Subtratamiento	B L O Q U E S					$Y_i$
		I	II	III	IV	V	
$T_0$	$S_1$	100,25	94,37	116,28	75,57	74,05	92,10
	$S_2$	54,35	82,37	72,28	57,96	66,53	66,70
$T_1$	$S_1$	104,57	104,60	99,18	87,89	101,20	99,49
	$S_2$	70,25	81,39	59,46	65,54	82,70	71,87
$T_2$	$S_1$	114,26	94,04	117,67	91,03	69,43	97,29
	$S_2$	89,87	74,98	72,52	60,54	71,16	73,81
$T_3$	$S_1$	95,61	100,41	101,75	116,13	103,87	103,55
	$S_2$	75,89	82,85	56,30	65,61	53,06	66,74

El análisis de varianza (Cuadro 7), demuestra que no hubo diferencia significativa a nivel del 5 por ciento, en el crecimiento de altura de la planta entre los tratamientos principales.

El método de plantación por pseudoestacas presenta alturas significativamente (1%) mayores que las plantas completas. Esta situación parece deberse a que mientras las plantas completas necesitaron

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable altura de C. alliodora.

Fuentes de variación	G. L.	S. C.	C. M.	F <sub>0</sub>	F $\alpha = 0,05$	Signif.
Bloques	4	8.665,96	2.166,49	2,08	3,26	n.s.
Tratamientos	3	7.105,08	2.368,36	2,28	3,49	n.s.
Error (a)	12	12.477,36	1.039,78			
Sub-parcelas	1	64.191,45	64.191,45	61,38	4,49	**
Interacción S x T	3	1.196,30	398,77	0,38	3,24	n.s.
Error (b)	16	16.733,93	1.045,87			
Edad	7	541.106,13	77.300,86	858,80	2,01	**
Interacción E x T	21	4.067,94	193,71	2,15	1,57	**
Interacción E x S	7	4.400,28	628,61	6,98	2,01	**
Error (c)	245	22.052,16	90,01			
Total	319	681.995,88				

\*\* Indica diferencia significativa al nivel del 1% de probabilidad.

n.s. = No significancia

emitir nuevos brotes para iniciar su crecimiento, las pseudoestacas prosiguieron su desarrollo en base al mismo tallo de la planta, es decir, ya hubo diferencias entre alturas de pseudoestacas y plantas completas al momento de la primera observación.

No hubo diferencias significativas para la interacción tratamiento por subtratamiento, mientras que la variable edad mostró diferencias significativas a nivel del 1 por ciento. Estos últimos resultados eran de esperarse ya que hay estrecha relación entre la edad y el crecimiento.

En las interacciones edad-tratamiento y edad-subtratamiento se encontraron diferencias significativas al nivel del 1 por ciento para el crecimiento del laurel en altura. La prueba de Duncan para las diferencias en los promedios de altura de la interacción edad-tratamiento se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Prueba de Duncan\* de los promedios de crecimiento en altura de C. alliodora en los distintos tratamientos y edades.

Tratamiento	E D A D (D I A S)							
	120	150	180	210	240	270	300	330
T <sub>0</sub>	36,72	40,88	47,06 b	63,82 b	75,60	91,40	124,81 b	153,30 b
T <sub>1</sub>	38,40	44,28	54,53 ab	73,18 a	83,33	93,98	129,49 ab	169,84 a
T <sub>2</sub>	39,52	53,77	51,09 ab	68,48 ab	80,70	95,23	134,38 a	171,23 a
T <sub>3</sub>	40,51	45,32	56,86 a	74,42 a	82,58	91,50	122,28 ab	167,70 a

\* Letras iguales significan que no hay diferencia significativa.

T<sub>0</sub> = laurel sin asocio y sin fertilizante; T<sub>1</sub> = laurel con asocio y sin fertilizante; T<sub>2</sub> = laurel sin asocio y con fertilizante;

T<sub>3</sub> = laurel con asocio y con fertilizante

Existen diferencias significativas a partir de los 180 días de edad, siendo el tratamiento laurel con asocio y con fertilizante superior al laurel sin asocio y sin fertilizante, diferencia que se manifiesta hasta los 210 días, donde además el laurel con asocio y sin fertilizante, también supera en altura al laurel sin asocio y sin fertilizante. Estas diferencias parecen deberse al efecto de la competencia por luz del cultivo agrícola y la fertilización, variaciones que se registran hasta concluir la primera siembra agrícola.

Entre los 240 y 270 días no se registran diferencias significativas, las plantas de laurel se homogenizaron en crecimiento en altura para todas las situaciones, período que coincidió con un rápido aumento de las lluvias. Este factor pudo haber influido en la homogenización en altura de toda la plantación; Aguirre (2) encontró resultados similares.

A partir de los 300 días el laurel sin asocio y fertilizado, superó al sin asocio y sin fertilización debido a la presencia del maíz y del fertilizante; el tamaño de las plantas de laurel vuelven a diferenciarse.

Al final de las observaciones, o sea a los 330 días, el laurel sin asocio y fertilizado, asociado sin fertilización y asociado con fertilización, superan al laurel sin asocio y sin fertilizante.

Es conveniente destacar que la influencia del cultivo del maíz y/o la acción del fertilizante podrían producir variaciones solamente mientras se encuentran presentes sus efectos. El maíz por crear competencia de luz produce heliotropismo para el laurel y la fertilización influye posiblemente por su disponibilidad de absorción en su corto período.

Los resultados encontrados en la competencia por luz, concuerdan con lo expresado por Wright (67) al indicar que una plantación no es más que una colección de pies individuales sin influencia entre sí, hasta que la espesura no sea completa. Los resultados reportados por Horne (31) en Nigeria y Aguirre (2) en Turrialba, son similares a los de este trabajo al haber obtenido mayores crecimientos en altura media en plantaciones asociadas con cultivos forestales, comparadas con aquellas en las cuales no se utilizó este sistema.

En el Cuadro 9 se presenta el incremento en altura de planta de laurel expresada en cm a partir de la primera observación. El Análisis de Varianza de los incrementos aparece en el Cuadro 10, donde se observan diferencias altamente significativas para la variable altura relacionada con los subtratamientos, edad y sus interacciones.

Cuadro 9. Datos tabulados para cálculo de estimadores del incremento en altura de plantas de C. alliodora.

Tratamiento	Subtratamiento	B L O Q U E S					$Y_i$
		I	II	III	IV	V	
$T_0$	$S_1$	19,36	19,61	23,31	15,82	17,23	19,07
	$S_2$	11,20	20,28	15,00	11,97	12,75	14,24
$T_1$	$S_1$	20,01	23,83	20,62	11,66	22,63	19,75
	$S_2$	18,49	20,63	14,15	13,26	22,05	17,72
$T_2$	$S_1$	25,81	38,03	20,65	16,31	13,28	22,82
	$S_2$	24,06	20,20	17,14	13,99	16,13	18,30
$T_3$	$S_1$	23,82	20,67	19,66	19,60	19,84	20,72
	$S_2$	16,98	22,48	14,30	13,54	10,80	15,62



Cuadro 10. Análisis de varianza de los incrementos en altura de C. alliodora según diseño de Parcelas Divididas.

Fuentes de variación	G. L.	S. C.	C. M.	F <sub>0</sub>	F	Signif.
				$\alpha = 0,01$		
Bloques	4	1.336,29	334,07	3,20	5,41	n.s.
Tratamientos	3	251,45	83,82	0,80	5,95	n.s.
Error (a)	12	1.252,52	104,38			
Sub-tratamientos	1	676,74	676,74	16,99	8,53	**
Int. Sbt. x T	3	267,29	89,10	2,24	5,29	n.s.
Error (b)	16	637,21	39,82			
Edad	6	41.377,78	6.896,30	260,52	2,96	**
Int. E x T	18	2.556,14	142,01	5,36	2,34	**
Int. E x Sub	6	179,74	29,96	1,13	2,96	n.s.
Int. E x Trat. Sbt.	18	389,75	21,65	0,82		ns.
Error (c)	192	5.082,96	26,47			
Total	279	54.007,87				

\*\* Índice diferencia significativa al nivel del 1% de probabilidad.  
n.s. = No significancia

Aparentemente no hubo respuesta a los tratamientos principales, porque en promedio los incrementos en altura del laurel no fueron afectados por el cultivo asociado y porque posiblemente las dosis de fertilizantes fueron insuficientes, ya que Raigosa (55) manifiesta haber encontrado diferencias únicamente cuando aplicó mayores dosis de fertilizantes, trabajando con laurel.

Pudiéndose suponer además que existió una baja fertilidad nativa del sitio, Loaliza (41), al ensayar con P. caribaea var. hondurensis, determinó que existe una mejor inversión de los fertilizantes en los sitios de buena fertilidad nativa, que en los sitios de baja fertilidad.

Se hacen estas conjeturas en razón de no registrarse diferencias significativas, al analizar el crecimiento de laurel en altura y diámetro en respuesta a los tratamientos y el rendimiento del maíz en grano y su biomasa.

Las diferencias significativas de los incrementos en altura del laurel para pseudoestacas y planta completa, pueden deberse al mayor vigor presentado por las pseudoestacas, por el método de propagación de la especie.

Dado que la interacción edad-tratamientos es altamente significativa se ha creído conveniente hacer una prueba de rango múltiple (Duncan) (Cuadro 11), para detectar diferencias entre tratamientos por edad debido a que el incremento en altura del laurel estuvo sujeto a los efectos del asocio con maíz y la fertilización por períodos, durante el tiempo que duró el ensayo. Existió diferencias significativas a los 210 días entre el tratamiento laurel con asocio y sin fertilizante

Cuadro 11. Prueba de Duncan\* de los promedios de incremento en altura de C. alliodora en los diferentes tratamientos y edades.

Trata- miento	E D A D (D I A S)							
	120	150	180	210	240	270	300	330
T <sub>0</sub>	0	4,16	7,78	15,16 b	11,79	15,80 a	33,41 b	28,49 b
T <sub>1</sub>	0	5,88	8,65	20,24 a	10,15	10,65 b	35,51 ab	40,35 a
T <sub>2</sub>	0	4,26	7,31	17,39 ab	12,22	14,52 a	39,15 a	36,85 a
T <sub>3</sub>	0	4,80	11,54	17,51 ab	8,16	8,92 b	30,78 b	45,41 a

\*Letras iguales indican que no hay diferencia significativa.

y laurel sin asocio y sin fertilizante, no se detectó diferencia significativa para el período correspondiente a la sexta observación (240 días). Sin embargo, a los 270 días vuelven a notarse diferencias, período en el cual el laurel sin asocio, sin fertilizante y con fertilizante superan al laurel con asocio con y sin fertilizante. En la séptima observación (300 días), el laurel sin asocio y con fertilizante es significativamente diferente a los tratamientos asociados con fertilizante y sin fertilizante; para en la última observación el laurel con asocio y con fertilizante superar a los demás tratamientos, donde además el laurel con asocio y sin fertilizante y el sin asocio y con fertilizante son superiores al laurel sin asocio y sin fertilizante.

Cabe resaltar el hecho de que las diferencias significativas y no significativas encontradas para los diferentes períodos de observación, en relación con el incremento en altura, concuerda con lo expresado para el crecimiento, o sea, la influencia por la competencia y no competencia del cultivo agrícola y la acción del fertilizante.

Los análisis de regresión simple efectuados entre edad y altura, probando seis modelos de regresión lineal o linearizables, para pseudoestacas y planta completa se ajustan a la función geométrica con un coeficiente de determinación  $R^2$  arriba del 0,8. Esto significa que las variaciones en altura son explicadas por las variaciones de la edad en el 80 por ciento, criterio que se expresa en las Figs. 3, 4 y 5. Estas curvas demuestran la tendencia que sigue el crecimiento del laurel por efecto de los tratamientos.

## 2. Diámetro

Las observaciones de crecimiento en diámetro se presentan en el Cuadro 12. El análisis de varianza (Cuadro 13) no mostró diferencias significativas de crecimiento en diámetro entre los tratamientos principales. Entre promedios de los subtratamientos (pseudoestacas y plantas completas) hay diferencias estadísticas; estas diferencias nos indican diversos diámetros desde el inicio del ensayo, debido a que en las plantas completas se secó el tallo principal obligando a éstas en muchos casos a brotar por debajo de la señal situada a 5 cm del suelo, marca definida para realizar la lectura del diámetro. En estos casos se tomaron las medidas al brote seleccionado para reemplazar al tallo principal.

Cuadro 12. Crecimiento en diámetro (cm) de plantas de C. alliodora.

Trata- miento	Subtrata- miento	B L O Q U E S					Y <sub>i</sub>
		I	II	III	IV	V	
T <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	2,70	2,60	3,23	1,99	1,78	2,46
	S <sub>2</sub>	1,38	2,05	1,83	1,40	1,56	1,65
T <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	2,31	2,64	2,33	1,84	2,67	2,36
	S <sub>2</sub>	1,66	1,94	1,45	1,45	1,85	1,67
T <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	3,03	2,43	3,27	2,43	2,05	2,65
	S <sub>2</sub>	2,11	1,87	2,05	1,55	1,58	1,83
T <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	2,30	2,27	2,32	2,48	2,29	2,33
	S <sub>2</sub>	1,77	1,87	1,31	1,38	1,23	1,51

Se presenta diferencias significativas al 1 por ciento de probabilidad, para las variaciones del diámetro con la edad y sus interacciones con tratamientos y subtratamientos. Con las diferencias encontradas en la interacción edad-tratamiento se elabora el Cuadro 14, que da a conocer los promedios del crecimiento en diámetro. En el mismo cuadro se presenta la prueba de Duncan.

Se demuestra que el diámetro no presenta diferencias significativas hasta los 100 días, pero a partir de la cuarta observación (a los 210 días), los diámetros se hacen diferentes y el laurel sin asocio y con fertilizante supera al laurel con asocio y con fertilizante, esta diferencia se mantiene hasta el final del experimento. A partir de los

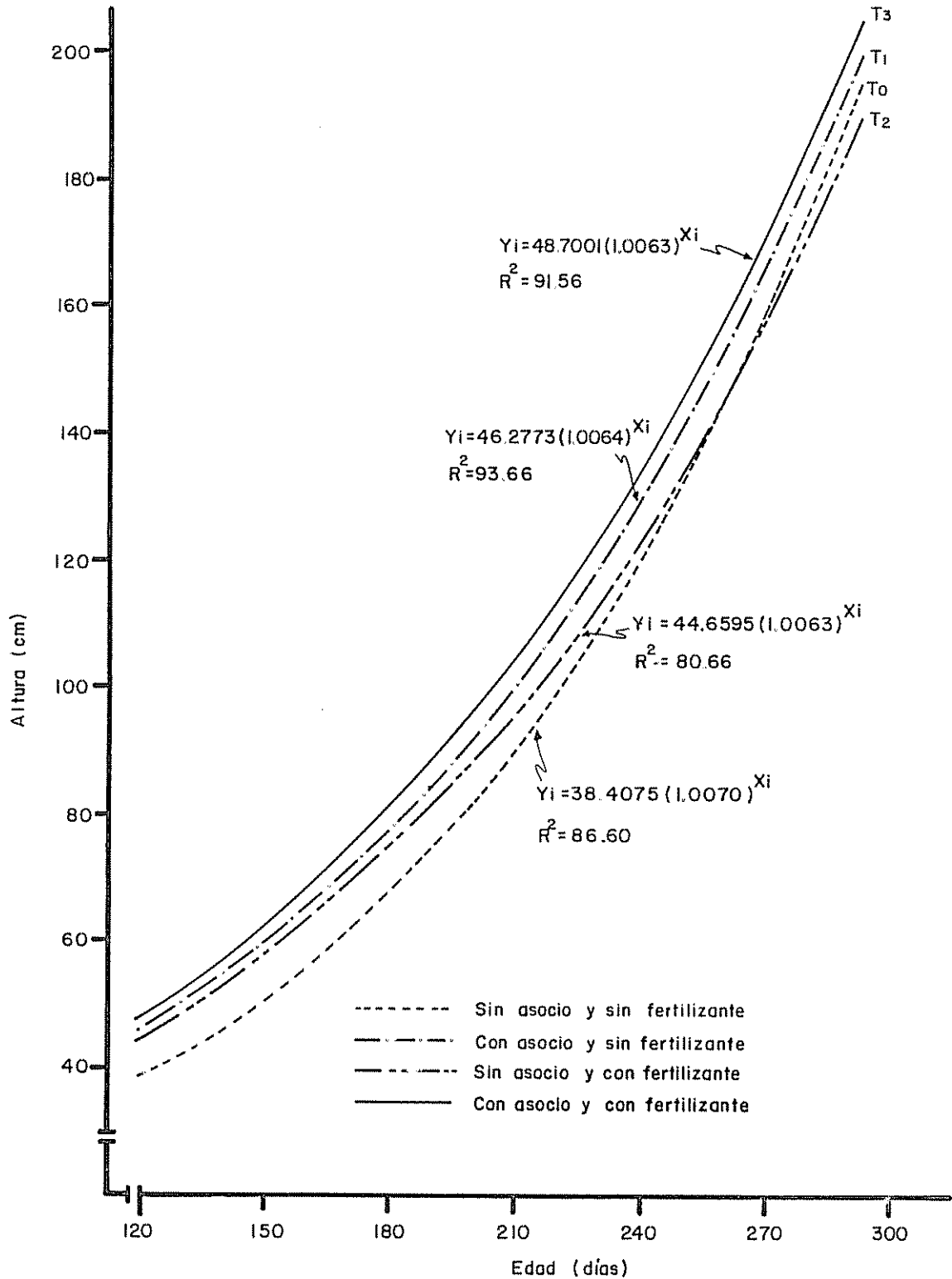


Fig. 3 Relación altura - edad, de C. alliodora (pseudostaca) para los cuatro tratamientros

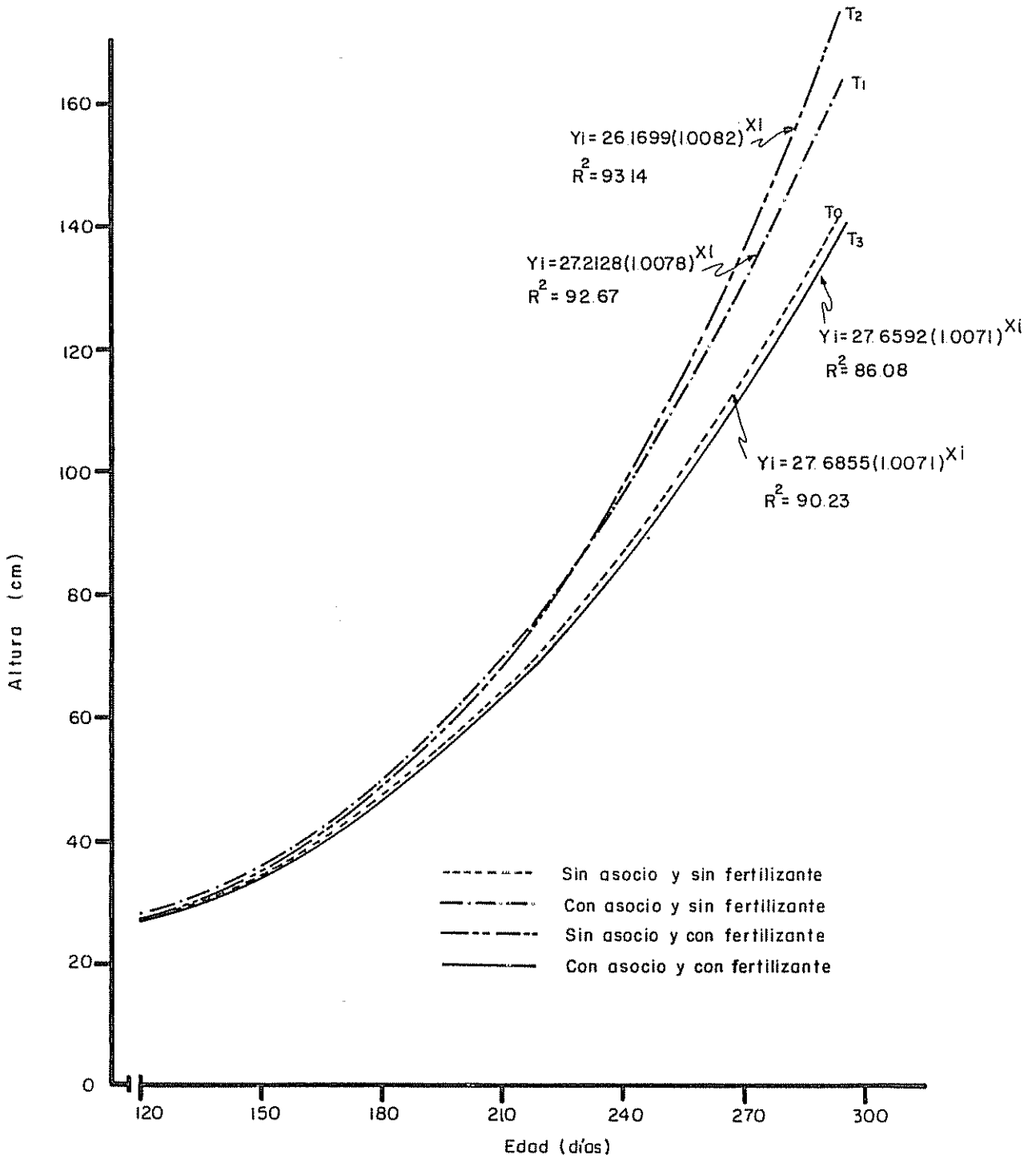


Fig 4 Relación altura - edad de C. alliodora (planta completa) para los cuatro tratamientos

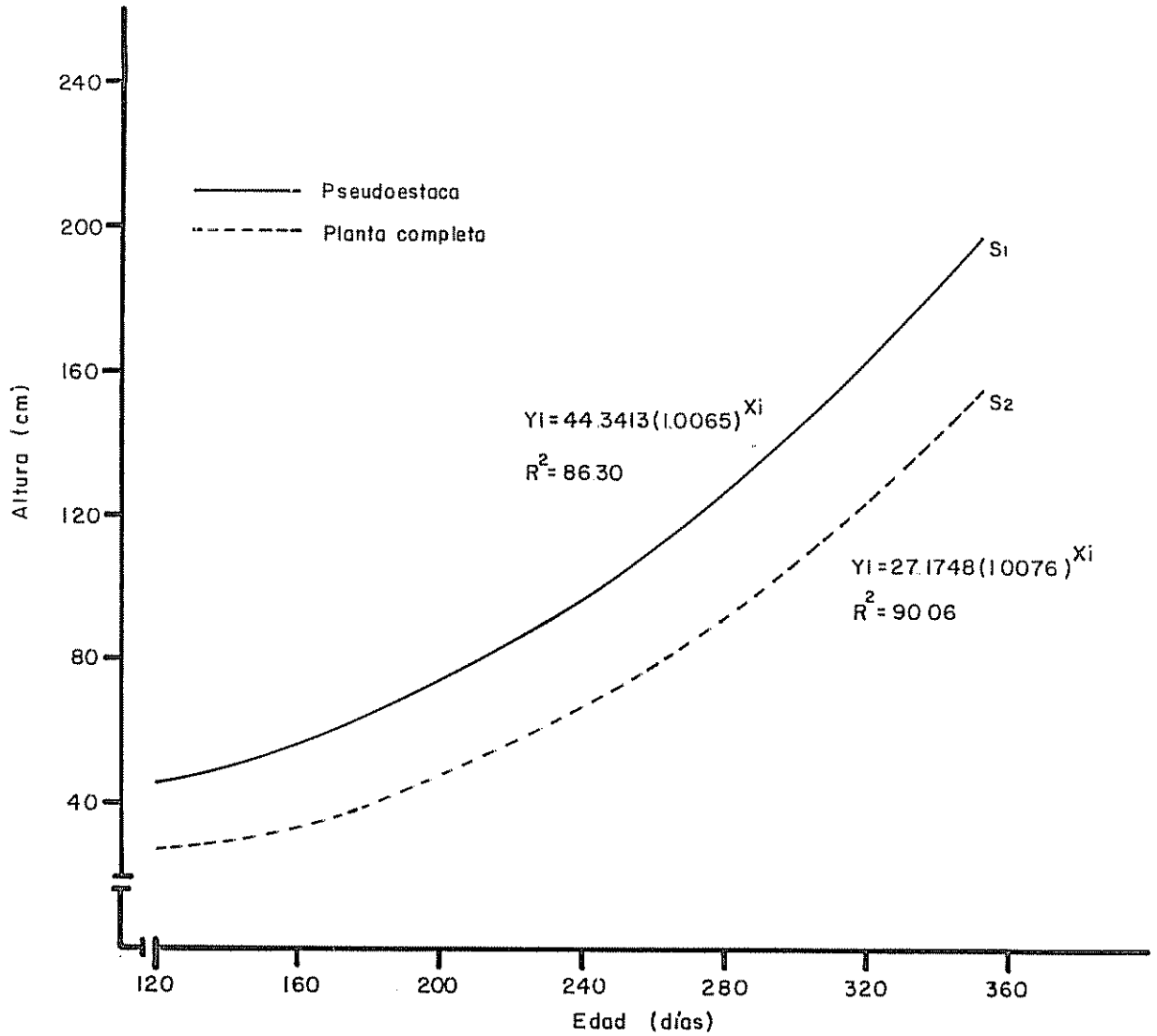


Fig. 5 Relación altura - edad de C. alliodora para pseudoestaca y planta completa



Cuadro 13. Análisis de varianza para el crecimiento en diámetro de C. alliodora.

Fuentes de variación	G.L.	S. C.	C. M.	F <sub>0</sub>	F	Signif.
Bloques	4	10,38	2,59	2,76	3,26	n.s.
Tratamientos	3	5,96	1,98	2,11	3,49	n.s.
Error (a)	12	11,24	0,94			
Sub-tratamientos	1	51,17	51,17	138,30	4,49	**
Interacción S x T	3	1,98	0,66	1,78	3,24	n.s.
Error (b)	16	6,03	0,37			
Edad	7	229,86	32,84	821,0	2,01	**
Interacción E x T	21	2,35	0,11	2,75	1,57	**
Interacción E x S	7	1,77	0,25	6,25	2,01	**
Error (c)	245	10,18	0,04			
Total	319	330,92				

\*\* Indica diferencia significativa al nivel del 1% de probabilidad

n.s. = No significancia

240 días el tratamiento laurel sin asocio y sin fertilizante supera al laurel con asocio y con fertilizante, superioridad que se registra hasta la última observación.

Posiblemente los mayores diámetros alcanzados por los tratamientos sin asocio se deba a que no estuvieron bajo la competencia por luz, puesto que es comprobado dentro de la actividad forestal que el crecimiento diamétrico está influenciado por la densidad (10). En el caso del diámetro alcanzado por los tratamientos con asocio, existe una relación inversa entre la altura y diámetro.

Cuadro 14. Crecimiento en diámetro (cm) de C. alliodora y Prueba de Duncan\* por tratamientos y edades

Tratamiento	E D A D (D I A S)								
	120	150	180	210	240	270	300	330	
T <sub>0</sub>	1,01	1,15	1,35	1,67 ab	2,09 a	2,55 a	3,03 a	3,56 a	
T <sub>1</sub>	1,09	1,21	1,38	1,66 ab	2,01 ab	2,49 ab	2,99 ab	3,40 ab	
T <sub>2</sub>	1,12	1,26	1,48	1,83 a	2,30 a	2,77 a	3,31 a	3,94 a	
T <sub>3</sub>	1,01	1,15	1,32	1,54 b	1,91 b	2,33 b	2,82 b	3,26 b	

\*Letras iguales indican que no hay diferencia significativa.

Para realizar comparaciones entre promedios de los incrementos en diámetro (Cuadro 15), se hace un análisis de varianza de incrementos (Cuadro 16) en el cual se detectan diferencias significativas para bloques,

subtratamientos y edad. La diferencia encontrada entre bloques, en relación a los resultados no significativos dados en los análisis de varianza del crecimiento en diámetro y de las alturas, posiblemente se deba a que los aumentos en diámetro debidos al incremento a partir del inicio del estudio, permitan una mejor apreciación de las condiciones en que se llevó a cabo el experimento. La diferencia significativa entre bloques controló adecuadamente la variabilidad del terreno.

Cuadro 15. Incremento en diámetro (cm) de C. alliodora.

Tratamiento	Subtratamiento	B L O Q U E S					Y <sub>i</sub>
		I	II	III	IV	V	
T <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	0,46	0,46	0,44	0,34	0,33	0,41
	S <sub>2</sub>	0,28	0,45	0,33	0,28	0,26	0,32
T <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	0,34	0,34	0,34	0,20	0,41	0,33
	S <sub>2</sub>	0,32	0,38	0,26	0,25	0,38	0,32
T <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	0,58	0,48	0,45	0,36	0,28	0,43
	S <sub>2</sub>	0,45	0,42	0,40	0,30	0,29	0,37
T <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	0,45	0,34	0,31	0,39	0,34	0,37
	S <sub>2</sub>	0,34	0,40	0,22	0,25	0,18	0,28

El comportamiento respecto al incremento diamétrico entre los subtratamientos y edad fue similar al del crecimiento.

Cuadro 16. Análisis de varianza de los incrementos en diámetros de Cordia alliodora según diseño de Parcelas Divididas.

Fuentes de variación	G. L.	S. C.	C. M.	t <sub>0</sub>	Signif.
Bloques	4	0,67	0,16	3,81	*
Tratamientos	3	0,29	0,10	2,5	n.s.
Error (a)	12	0,52	0,04		
Sub-tratamientos	1	0,25	0,25	25,0	**
Int. Subt. x T	3	0,05	0,02	2,0	n.s.
Error (b)	16	0,21	0,01		
Edad	6	5,51	0,92	92,0	**
Int. E x T	18	0,22	0,01	1,56	n.s.
Int. E x Subt.	6	0,07	0,01	1,68	n.s.
Int. E x Trat. x Subt.	18	0,07	0,004	0,4	n.s.
Error (c)	192	1,29	0,01		
Total	279	9,15			

\* Indica diferencia significativa al nivel del 5% de probabilidad.

\*\* Indica diferencia significativa al nivel del 1% de probabilidad.

n.s. = No significancia

Estos incrementos debido al período experimental, no presentan diferencias significativas en las interacciones de la edad, ya que las comparaciones se iniciaron sin diferencias, y posiblemente a la magnitud de los valores que se analizaron.

Los análisis de regresión complementarios se han realizado para relacionar el diámetro con la edad, habiéndose probado seis modelos de regresión, resultando la función geométrica la que mejor ajusta estas dos variables, para el desarrollo inicial del laurel (Figs. 6, 7 y 8). Estas curvas nos muestran la tendencia presentada por el laurel en su crecimiento diamétrico.

La regresión de la altura en función del diámetro, se ajusta a una ecuación lineal con  $R^2 = 0,92$ ; este análisis indica que para la etapa de desarrollo estudiado el crecimiento diamétrico es directamente proporcional al crecimiento en altura (Fig. 9).

#### D. Producción de maíz y su biomasa

##### 1. Producción de maíz

La producción de grano del maíz se presenta en el Cuadro 17, y se analizó mediante pruebas de "t" para determinar diferencias de medias, para épocas de cultivos y fertilizaciones en asocio con laurel. No se encontró diferencia significativa para ninguna de las comparaciones como se muestra en el Cuadro 18.

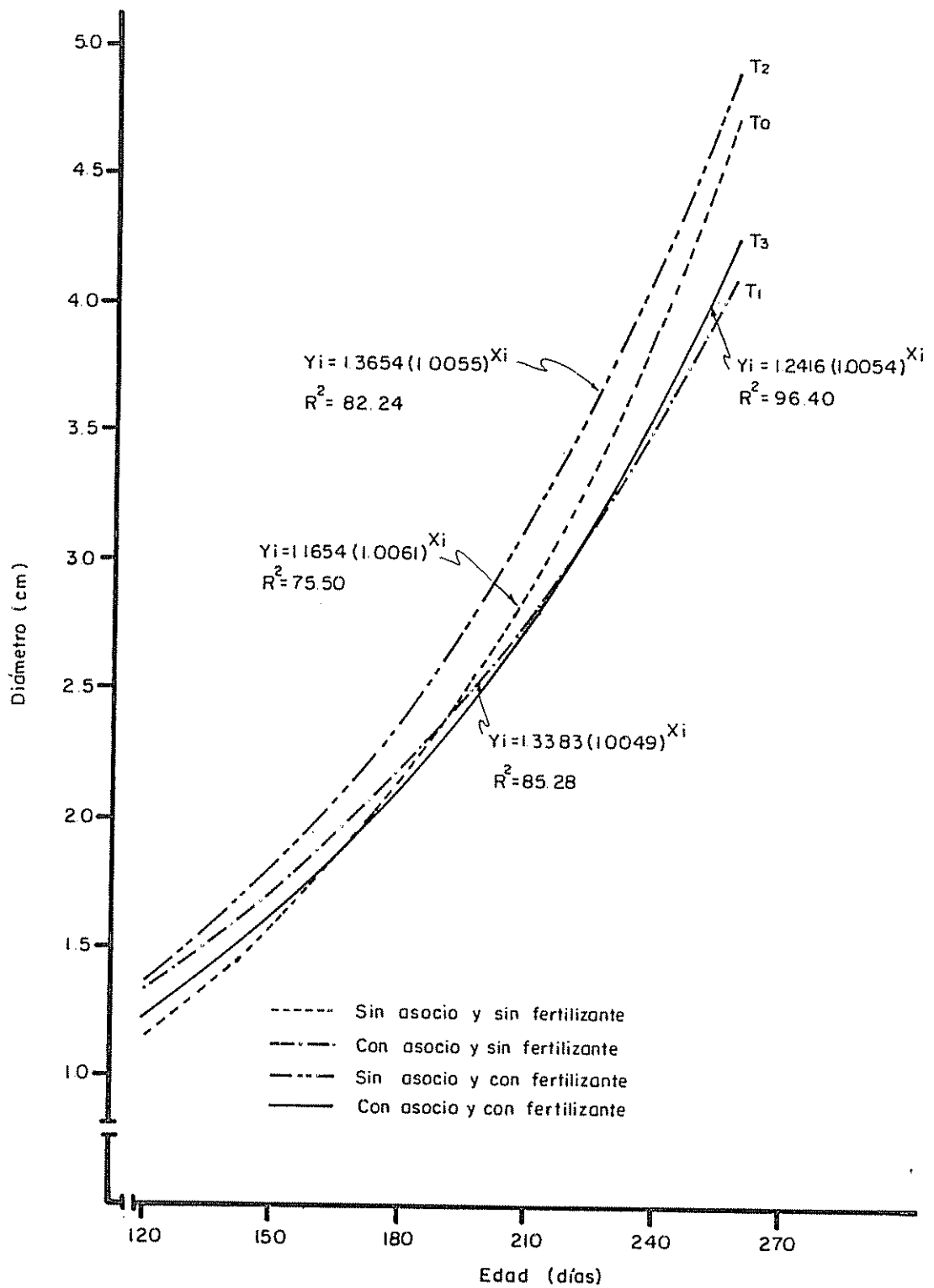


Fig. 6 Relación diámetro - edad en *C. alliodora* (pseudostaca) para los cuatro tratamientos

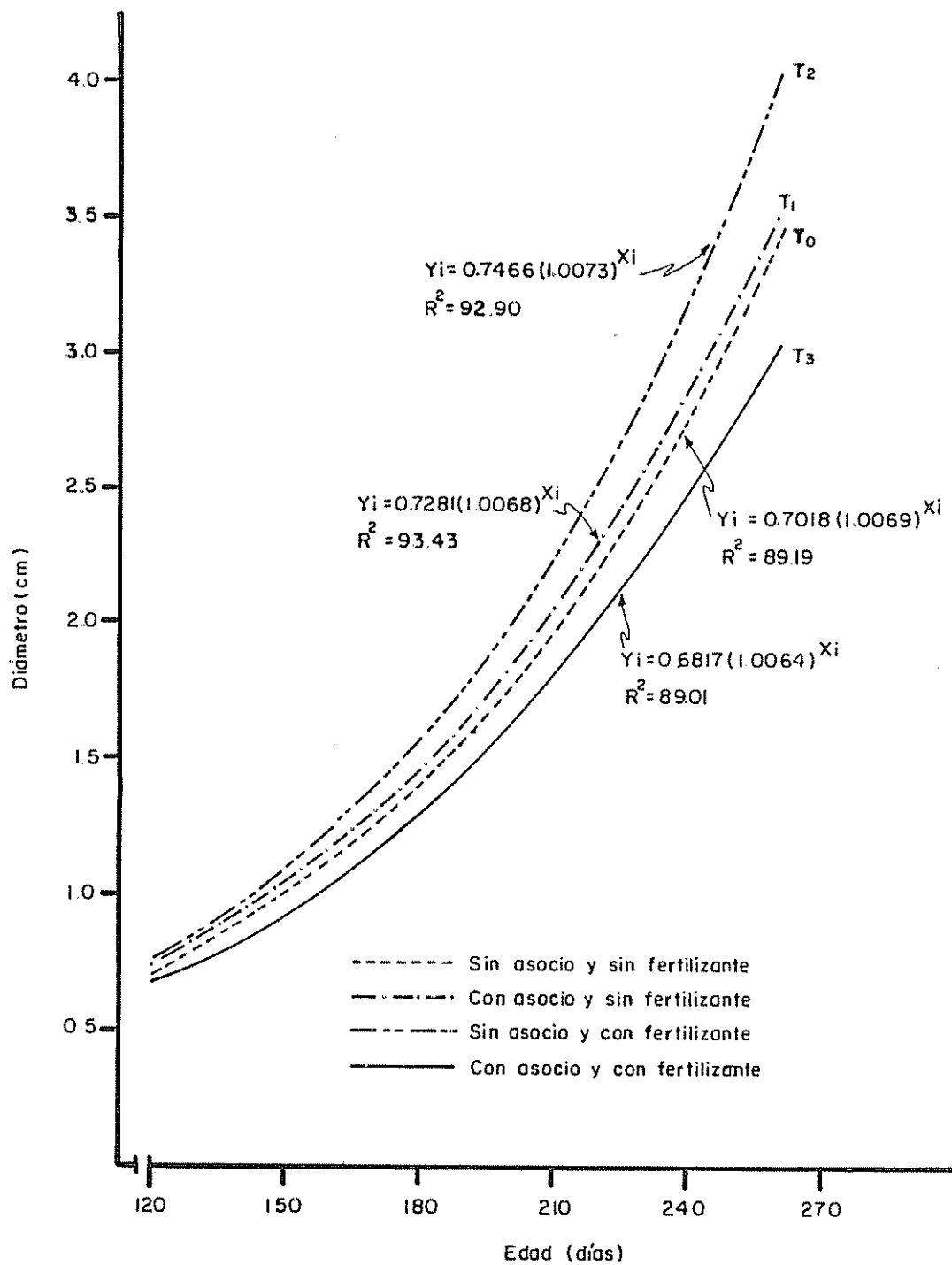


Fig. 7 Relación diámetro - edad de C. alliodora (planta completa) para los cuatro tratamientos

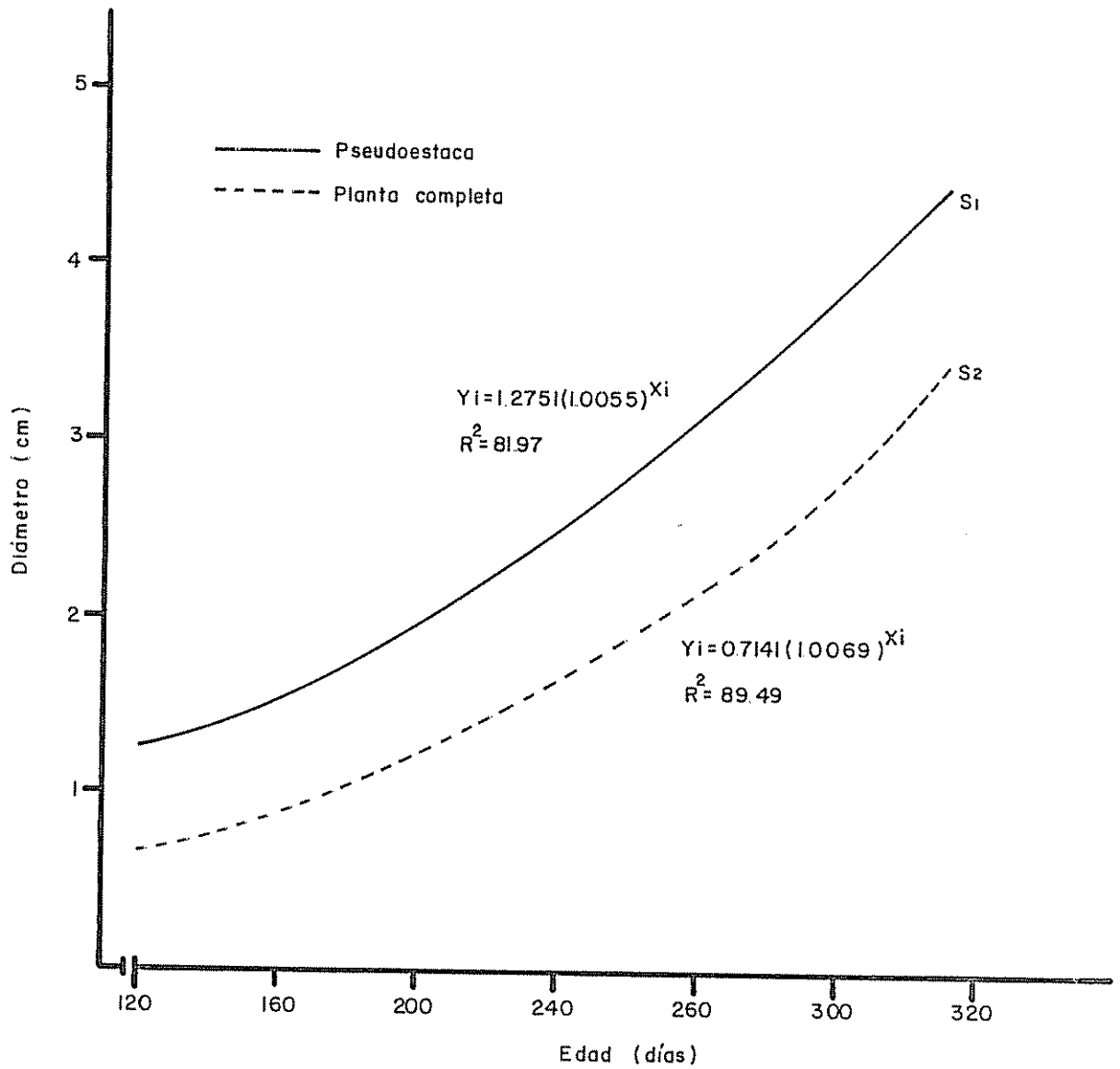


Fig. 8 Relación diámetro - edad de C. alliodora para pseudoestaca y planta completa



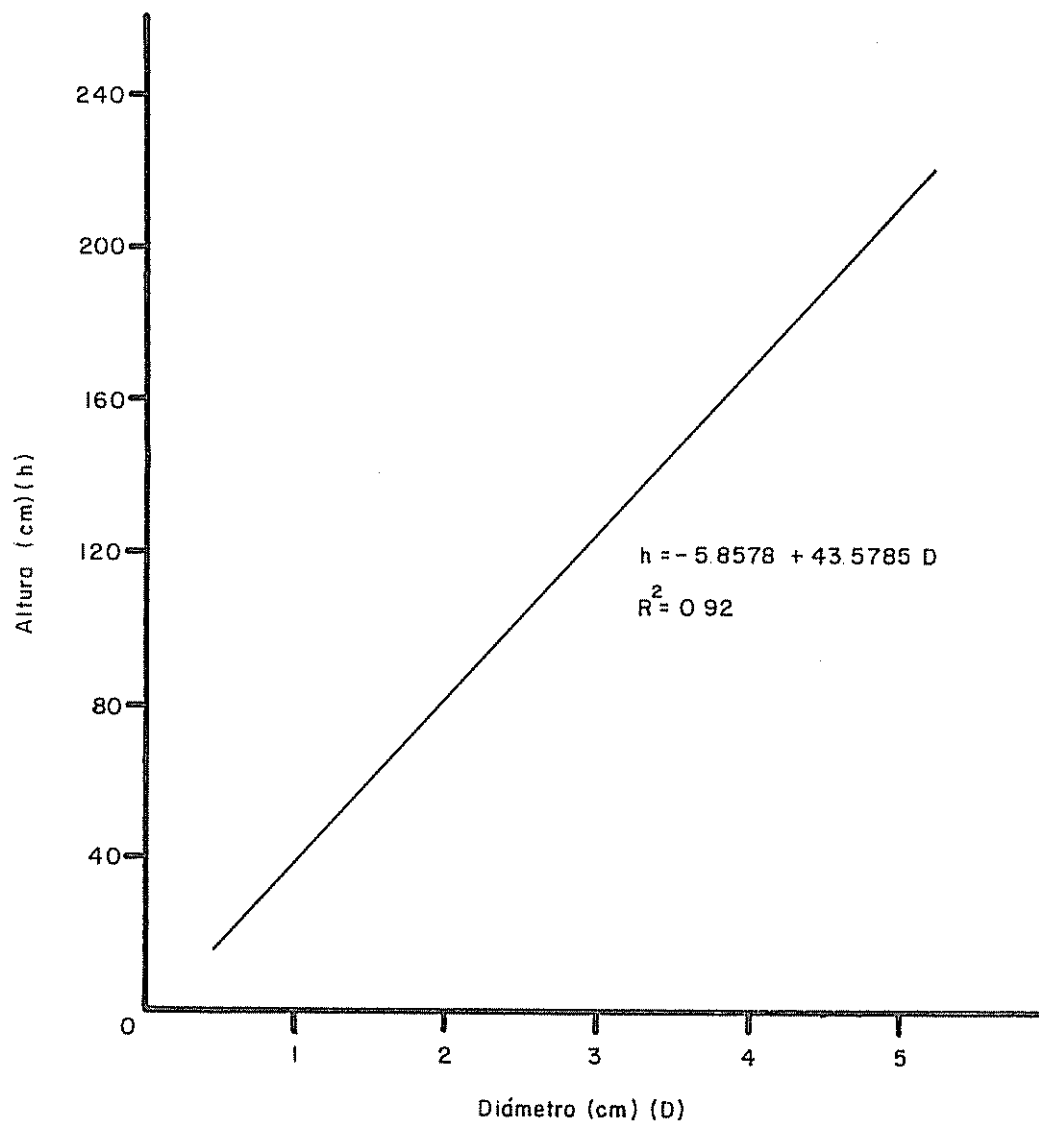


Fig 9 Estimación de la altura de *C. alliodora* en función del incremento unitario en diámetro

Cuadro 17. Producción de grano de maíz (T. métricas/ha) para la 1ª y 2ª siembras.

1ª Siembra						
Tratamiento	B L O Q U E S					$\bar{Y}_i$
	I	II	III	IV	V	
T <sub>1</sub>	2,04	2,11	2,11	1,81	1,17	1,85
T <sub>3</sub>	1,61	2,34	1,87	2,37	1,24	1,89
-----						
2ª Siembra						
T <sub>1</sub>	1,27	1,70	2,27	1,50	1,95	1,74
T <sub>3</sub>	1,93	1,97	1,82	1,85	1,35	1,78

Cuadro 18. Pruebas de significación de medias de producción en Tm/ha de maíz asociado con C. alliodora.

C O M P A R A C I O N E S					
	$\bar{X}$		$\bar{X}$	t = 0,05	Signif.
Epoca I	3,70	Epoca II	3,52	0,47	n.s.
Fertil. I	1,89	No Fertil. I	1,85	0,14	n.s.
Fertil. II	1,78	No Fertil. II	1,74	0,19	n.s.
Fert. I - II	3,67	No Fert. I-II	3,58	0,23	n.s.

## 2. Producción de biomasa

Para el cálculo de la producción de biomasa se tomaron dos

plantas por parcela debido a que el tamaño de la muestra previamente calculado fue de 0,80 y 0,50 para la primera siembra y de 0,14 y 0,60 para la segunda siembra de maíz fertilizado y no fertilizado respectivamente. Esta situación garantiza que la muestra tomada es representativa de la población estudiada.

La producción de biomasa del maíz se presenta en el Cuadro 19. Igualmente que para la producción en grano se usó pruebas de "t" para medir las diferencias de medias entre épocas de cultivo y fertilizaciones (Cuadro 20), no habiéndose encontrado diferencias significativas en ninguna de las comparaciones.

Cuadro 19. Producción de biomasa (toneladas métricas/ha) para la 1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup> siembras.

1<sup>a</sup> Siembra

Tratamiento	B L O Q U E S					Y <sub>i</sub>
	I	II	III	IV	V	
T <sub>1</sub>	11,67	10,49	10,40	10,01	6,97	9,91
T <sub>3</sub>	8,44	13,07	9,45	14,22	11,65	11,37

2<sup>a</sup> Siembra

T <sub>1</sub>	8,74	16,63	14,73	9,73	11,60	12,52
T <sub>3</sub>	10,79	12,41	9,86	13,51	17,15	12,75

Cuadro 20. Prueba de significación de medias de rendimiento en Tm/ha en biomasa de maíz asociado con C. alliodora.

C O M P A R A C I O N E S				t=0,05	Signif.
	$\bar{X}$		$\bar{X}$		
Epoca I	21,28	Epoca II	25,26	1,80	n.s.
Fertil. I	11,37	No Fert. I	9,91	0,87	n.s.
Fertil. II	12,75	No Fert. II	12,52	0,11	n.s.
Fert. I - II	24,11	No Fert. I - II	22,43	0,62	n.s.

E. Costo de establecimiento de la plantación cultivo agrícola y rendimiento económico de la primera y segunda cosecha

El cálculo estimado del costo de establecimiento de la plantación de laurel, se realiza considerando la mano de obra y los insumos utilizados en los diferentes tratamientos.

Se hace necesario anotar que en el análisis de los costos de la plantación se tienen en cuenta solamente los rubros económicos considerados más importantes para esta fase del establecimiento. No se consideran los costos indirectos, como intereses de capital, interés fundiario y administración, porque la fase del establecimiento de la plantación desde el punto de vista económico termina en el momento en que el valor de producción obtenida de la plantación supera los costos de la misma. A esa edad se podrá disponer de los elementos necesarios para

realizar un estudio del costo económico integral para la primera fase de la explotación forestal.

La mano de obra empleada en las distintas labores, de la plantación de laurel son resumidas en el Cuadro A2, y la mano de obra empleada en los dos períodos de cultivo del maíz en el Cuadro A3. Los insumos requeridos son dados a conocer en el Cuadro A4. Los aspectos más sobresalientes de estos últimos cuadros son resumidos en el Cuadro A5, en donde puede notarse que los tratamientos con fertilización aumentan los gastos debido a la mayor cantidad de mano de obra utilizada y al costo del fertilizante. De manera general, los gastos de los tratamientos con fertilización son mayores a los no fertilizados en más del 45 por ciento.

Los ingresos por las cosechas de maíz en ambos tratamientos (con y sin fertilizante) son prácticamente iguales.

La diferencia en los costos de establecimiento de laurel por hectárea (Cuadro 21) nos permite hacer comparaciones, en donde se elige al sistema silvicultural sin fertilización como base por ser la forma tradicional. Los costos de plantación del sistema silvicultural con fertilizante aumentan 43 por ciento en relación al tradicional. En los sistemas agrisilviculturales los costos disminuyen en 84 por ciento cuando es sin fertilizar en relación al sistema tradicional y en 9 por ciento cuando es fertilizado.

Desde el punto de vista del valor de la plantación el aspecto económico sigue la siguiente secuencia en orden de importancia (Cuadro 22).

Cuadro 21. Costos de establecimiento por ha (%) de una plantación de C. alliodora bajo los sistemas agrisilvicultural y silvicultural.

Rubros	Sistema Agrisilvic.		Sistema Silvicult.	
	Con Fert.	Sin Fert.	Con Fert.	Sin Fert.
Gastos de plantación	9.500,36	6.312,13	5.849,77	4.090,37
Rend. I y II cosecha	5.784,44	5.670,97	---	---
Costo plantación	3.715,92	641,16	5.849,77	4.090,37

Cuadro 22. Costos de la plantación de C. alliodora relacionados con los tratamientos analizados, en orden de importancia.

Sistema	Costo de plantación	Porcentaje
Agrisilvicultural sin fert.	641,16	100
Agrisilvicultural con fertilización	3.715,92	479
Silvicultural sin fertilizante	4.090,37	538
Silvicultural con fertilizante	5.849,77	812

Las plantaciones sin asocio tienen costos 4 y 6 veces mayores que la plantación asociada sin fertilizante y el empleo de fertilizante en la asociación aumenta en 3 y medio veces.

Bajo los dos sistemas agrisilvicultural y silvicultural, al considerar el rendimiento económico del cultivo agrícola, se puede deducir que la fertilización en el sistema silvicultural encarece los costos de repoblación; no así en el sistema agrisilvicultural, en el cual la fertilización es amortizada por el cultivo asociado, siendo más económico aún el sistema agrisilvicultural sin el uso de fertilizantes.

Desde el punto de vista de la utilización de fertilizantes en ambos sistemas, su aplicación encarece el costo en 128 por ciento en relación a los mismos sistemas sin fertilización.

No se realizó un análisis económico para subtratamientos porque en ambos casos los costos, durante el período experimental, fueron iguales, además por no haber detectado diferencias significativas para supervivencia al final del experimento (Cuadro 5).

## 5. CONCLUSIONES

De los ensayos llevados a cabo en el presente experimento, puede llegarse a las siguientes conclusiones:

1. La supervivencia y el crecimiento en altura y diámetro del método de plantación de C. alliodora con pseudo-estacas es superior que al utilizar plantas completas.
2. Al analizar el crecimiento tanto en altura como en diámetro de C. alliodora, no se detecta influencia por la asociación del cultivo de maíz y la fertilización, pero esta influencia existe cuando se analiza el crecimiento por períodos de observación.
3. El rendimiento del maíz y su biomasa no mostraron diferencia con la fertilización.
4. La producción de maíz fue similar para los dos períodos de siembra.
5. La repoblación por el sistema agrisilvicultural es más económico que el silvicultural.



## 6. RECOMENDACIONES

Para las condiciones similares en las que se realizó el experimento con C. alliodora en asocio con maíz, se propone las siguientes recomendaciones iniciales:

1. De acuerdo a las características de sobrevivencia, crecimiento en altura y diámetro que presenta el método de plantación con pseudotes-tacas, se puede recomendar como el más aconsejado para la repoblación forestal, bajo las condiciones ecológicas de Bosque muy húmedo Premon-tano, según Holdridge (28).
2. En la reforestación con esta especie es recomendable el asocio con maíz durante su crecimiento inicial, para disminuir los costos de re-población.
3. En lo que se refiere al uso de fertilizantes, debido a que su acción durante el período observado no fue significativo, se recomienda continuar con la investigación a fin de detectar si su influencia ocasiona beneficios posteriores.

## 7. RESUMEN

La tala desmedida de los bosques tropicales ocasiona generalmente su degradación, situación que ha motivado el interés del hombre por la repoblación con especies valiosas. Uno de los sistemas que ha sido probado con buenos resultados es el 'taungya' que asocia los cultivos agrícolas a la plantación forestal.

El trabajo tuvo como objetivos principales: estudiar el comportamiento inicial del laurel (Cordia alliodora), plantado en pseudoestacas y plantas completas sin asociado y asociado con maíz (Zea mays) bajo dos niveles de fertilización y estimar los costos de plantación del laurel en base a los rendimientos económicos del cultivo.

Este estudio se realizó en el Campo Experimental 'Bajo San Lucas' del Departamento de Ciencias Forestales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

Se utilizaron plántulas de laurel en pseudoestacas y planta completas, plantadas a 2,5 x 2,5 metros. Se sembró maíz variedad Tuxpeño 1, planta baja en hileras a 1,00 m de distancia y 0,50 m entre golpes durante dos siembras consecutivas. Los fertilizantes utilizados tuvieron fórmulas comerciales de 15 - 30 - 8 y 20 - 10 - 6 - 5, aplicados dos veces en cada cultivo, aproximadamente 250 kg/ha en cada una.

Las variables más importantes estudiadas fueron: altura y diámetro periódicamente en el laurel y, en el maíz, su rendimiento en grano y biomasa al momento de la cosecha valorizando los gastos.

Para las condiciones de Turrialba y utilizando el laurel asociado con maíz, los resultados mostraron que las pseudoestacas fueron

superiores en supervivencia y crecimiento inicial de altura y diámetro a las plantas completas.

Las variaciones promedio en altura y diámetro del laurel no estuvieron influenciadas por la asociación con maíz y el efecto del fertilizante. Sin embargo, se notan variaciones mientras se encuentran presentes los efectos del cultivo y el fertilizante.

En el maíz la época de cultivo y la fertilización no influyeron en la producción de biomasa y grano.

Los menores costos de plantación del laurel se consiguieron con la asociación de maíz sin fertilización seguido por el sistema de asocio con maíz fertilizado.

## 7a. SUMMARY

The unwarranted cutting of tropical forest has, as a result, led to a reduction in valuable forest species; a situation which has motivated numerous studies on the regeneration of valuable timber species. One of the studies which has shown excellent results is the mixing of a forest species ("taungya") with agricultural crops.

This study had two principal objectives: study the initial growth of laurel (Cordia alliodora), planted in seedlings and cut-stumps, associated with and without corn (Zea mays) and utilizing two levels of fertilization, estimate plantation costs of laurel based on the economic output of the corn.

The study was undertaken on the experimental tract "Bajo San Lucas", administered by the Forestry Department of the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

"Cut-stumps" and seedlings of laurel were planted at a spacing to 2.5 x 2.5 meters. Corn (variety Tuxpeño 1) was sown in rows (1 meter apart) with a planting distance of 0.50 m. Two consecutive sowings were undertaken. The commercial fertilizers (15-30-8 and 20-10-6-5) were applied two times per crop rotation at a concentration of 250 kg/ha.

The most important variables studied were: height and diameter of laurel were periodically recorded; with respect to corn, yield in grain and plant biomass, and the total cost at the time of harvest were recorded.

By growing laurel in association with corn under Turrialba conditions, the results showed that "cut stumps" were far superior, in

survival and initial height and diameter growth, than seedlings.

At the termination of the study, the association with corn and the use of fertilizers had no significant effect on average height and diameter growth of laurel. On the other hand, the association with corn and fertilizers had some influence on laurel during certain growth stages.

With respect to corn, the time of planting and the use of fertilizers had no effect on the production of grain and plant biomass.

Laurel associated with corn without fertilization resulted in the least cost followed by laurel and corn with fertilizers.

## 8. LITERATURA CITADA

1. ACOSTA SOLIS, M. La forestación artificial en el Ecuador Central. Quito, Escuela Politécnica Nacional, 1954. 85 p.
2. AGUIRRE, A. Estudio silvicultural y económico del sistema taungya en condiciones de Turrialba. Tesis Mag. Sc., Turrialba, IICA, 1963. 103 p.
3. AGUIRRE ASTE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA-Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, IICA, 1971. 139 p.
4. ALTUVE, N. El uso múltiple de los bosques en Venezuela y su posible aplicación regional. Revista Forestal (Venezuela) 5-6:70-75. 1960.
5. AVILA HERNANDEZ, M. Algunos conceptos sobre política forestal en climas tropicales. Bosques (México) 8(5):35-39. 1971.
6. BAULE, H. y FRICKEN, C. The fertilizer treatment of forester trees. Traducido del alemán por C. L. Whittles. Munchen, BLV, 1970. 259 p.
7. BELL, T. I. W. Erosión en las plantaciones de teca en Trinidad. Mérida. Boletín Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación (Venezuela) no. 44-45:3-17. 1973.
8. BERESFORD-PEIRSE, H. El bosque, los alimentos y el hombre. Roma. FAO, 1968. 83 p.
- ✓ 9. BLANFORD, H. R. Regeneration with the assistance of taungya in Burma. Indian Forest Records. 11 (3), 1952.
10. BRUCE, D. y SCHUMACHER, F. Medición forestal. Traducido del Inglés, 3 ed. por Ramón Palazón y José Meza Nieto. México, D.F., Centro Regional de Ayuda Técnica, 1965. 474 p.
11. BUDOWSKI, G. La política forestal frente a programas de colonización. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, s.f. 5 p.
12. \_\_\_\_\_. Sistemas de regeneración de los bosques de bajura en la América Tropical. Caribbean Forester (Puerto Rico) 17: 52-75. 1956.

13. BUDOWSKI, G. Algunas relaciones entre la presente vegetación y antiguas actividades del hombre en el trópico Americano. In Congreso Internacional de Americanistas, 33°, San José, Costa Rica, 1958. Actas. s.n.t. pp. 259-263.
14. \_\_\_\_\_. Reforestación de terrenos no apropiados para cacao. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1960. 6 p.
15. CARADAS, L. Comportamiento de pseudoestacas en cinco especies maderables variando dosel y época de plantación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1963. 103 p.
16. CATER, J. The formation of teak plantations in Trinidad with the assistance of peasant contractors. *Caribbean Forester (Puerto Rico)* 2:147-153. 1941.
17. COENE, R. Agricultural settlement schemes in the Belgian Congo. *Tropical Agriculture* 33:1-12. 1956.
18. CHEAH, L. C. A note on taungya in Nigeria Sembilam with particular reference to the incidence of damage by oviposition of insects in plantations in Kenaboi Forest Reserve. *Malayan Forester* 34(2):133-153. 1971.
19. CHINTE, F. O. Trial planting of large leaf mahogany (Swietenia macrophylla). *Caribbean Forester (Puerto Rico)* 13:75-84. 1952.
20. DARLING, F. Efectos de las actividades del hombre sobre la biosfera. *Revista Forestal (Venezuela)* 15:3-25. 1969.
21. ECUADOR SERVICIO FORESTAL. Manual de Silvicultura. Quito, 1967. 415 p.
22. EICHLER, A. Conservación. Mérida, Universidad de los Andes, 1966. 750 p.
23. FLINTA, C. M. Prácticas de plantación forestal en América Latina. FAO. Cuaderno de Fomento Forestal no. 15. 1960.
24. FUENTES LUGO, G. La agricultura nómada factor de la disminución de las áreas boscosas. *Bosques (México)* 7(4):3-8. 1970.
25. GORDON, W. A. Agriculture and forestry. *Tropical Agriculture* 33(3):171-175. 1956.
26. GROS, A. Abonos guía práctica de la fertilización. Trad. de la ed. orig. en francés por Ramón Olalguíaga y Juan J. de la Vega. 4 ed. Madrid, Mundi-Prensa, 1967. 445 p.

27. HARDY, F. The soils of the I.A.I.A.S. areas. Turrialba, Costa Rica, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1961. 75 p.
28. HOLDRIDGE, L. R. Determination of world plant formations from simple climate data. *Science* 105(2727):367-368. 1947.
29. \_\_\_\_\_. Ecological indications of the need for a new approach to tropical land use. *Symposia Interamericana* no. 1 (Costa Rica). pp. 1-12. 1959.
30. \_\_\_\_\_. Other species. In *World Forestry Congress*. 4th. Dehra Dun, India, 1954. pp. 119-125. 1962. (General papers 17).
31. HORNE, J. E. M. Teak in Nigeria. *Nigerian Forestry Information Bulletin (New Series)* no. 16:16-17. 1965.
32. HUMBLET, P. Communication sur la politique sylvicole en vigueur au Congo Belge. *Bulletin Agricole du Congo Belge* 45:1277-1288. 1954.
33. HUNTER, J. R. y CAMACHO, E. Some observations on permanent mixed cropping in the humid tropics. *Turrialba (Costa Rica)* 11:26-33. 1961.
34. IGNATIEFF, V. El uso eficaz de los fertilizantes. FAO. *Estudios Agropecuarios* no. 9. 1952. 220 p.
35. \_\_\_\_\_. y PAGE, H. J. El uso eficaz de los fertilizantes. Edición corregida y aumentada. FAO. *Estudios Agropecuarios* no. 43. 1959. 379 p.
36. JOHNSON, P. y MORALES, R. A review of *Cordia alliodora* (Ruíz & Pav) Oken. *Turrialba (Costa Rica)* 22(2):210-220. 1972.
37. KADAMBI, K. Methods of increasing growth and obtaining regeneration of tropical forests. In *Tropical Silviculture*. FAO. *Forestry and Forest Products Studies* no. 13. 1957. pp. 67-78.
38. KARSCHON, R. Soil evolution affected by Eucalyptus; the effects of fertilizer applications on growth. In World Eucalyptus Conference. 2nd, Sao Paulo, 1961. *Report and Documents*. Rio de Janeiro, Brasil, Impr. Irmaos & Cia., 1961. v. 2, pp. 897-910.



39. KIENER, A. Le "Tavy" a Madagascar Ses différents formes et dénominations. Bilan du tavy et problèmes humains. Moyens de lutte. Bois et Forêts Tropiques 90:9-16. 1963.
40. LAMB, A. F. Regeneración artificial en el Bosque tropical de tierras bajas húmedad. Unasyva 22(91):7-15. 1968.
41. LOAIZA, V. H. El efecto de uso de herbicidas y fertilizantes en el crecimiento inicial de Pinus caribaea Morelet var. hondurensis (Sénéclauze) Barret et Golfari y Eucalyptus saligna Smith en plantación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1967. 106 p.
42. LOJAN, L. Clima y crecimiento de especies forestales. Turrialba (Costa Rica) 17(1):71-83. 1967.
43. MAKI, T. E. The need of fertilizers in wood production. In Congreso Forestal Mundial, 6º, Madrid, 1966. Actas. Madrid, 1968. v. 2. pp. 2560-2566.
44. MARINERO, R. M. Influencia del Melinis minutiflora en el crecimiento del Cordia alliodora. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1962. 56 p.
45. MARRERO, J. Especies del género Inga usadas como sombra de café en Puerto Rico. Caribbean Forester (Puerto Rico) 15(1-2):54-71. 1954.
46. METRO, A. Silvicultura. Unasyva 21(86-87):23-45. 1967.
47. MORALES, J. O., BANCHAM, W. y BARRUS, M. Cultivos intercalados en plantaciones de Hevea (Turrialba, Costa Rica). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Boletín Técnico no. 1. 1949. 26 p.
48. NAVARRO ANDRADE de, E. Instrucciones sobre el cultivo del Eucalypto. Centro Ings. Agr., Buenos Aires, 1938.
49. NOGENT-SUR-MARNE CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. Bilans de production et de activité forestiers. Bois et Forêts des Tropiques 20:278-282. 1951.
50. PARRY, S. M. Métodos de plantación de bosques en el Africa Tropical. FAO. Cuaderno de Fomento Forestal no. 8, 1957. 333 p.

51. PEREZ, C. A. Estudio forestal del laurel (Cordia alliodora) (R. & P.) Cham en Costa Rica. Tesis Mag. Agr. Turrialba, IICA, 1954. 182 p.
52. PETRIN, C. La unidad de explotación forestal y la unidad de explotación agrícola: problemas de tenencia y tamaño de las fincas forestales. Brasilia, FAO, 1968. 11 p.
53. PRASAD, J. Note on the selection of silvicultural technique. *Indian Forester* 75(1):8-12. 1949.
54. RAGHAVAN, M. S. Casuarina plantation technique in the Madras province. *Indian Forester* 73(6):241-260. 1947.
55. RAIGOSA, J. Efecto del abonamiento sobre el crecimiento inicial de plantaciones de Anthocephalus cadamba Mic. y Cordia alliodora (Ruíz y Pav.) Cham. en dos tipos de suelos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1968. 102 p.
56. REDDY, C. V. K. Puerto Rico and its forest. *Indian Forester* 10:501-510. 1956.
57. ROGERS, L. J. Report to the government of Brazil on silvicultural problems of Araucaria angustifolia. Rome, FAO, 1953. 64 p.
58. ROSAYRO, R. A. de. La silvicultura como diversificación del cultivo en los países productores de café. *Unasyva* 22(89): 14-21. 1968.
59. STEEL, R. G. y TORRIE, H. J. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. 481 p.
- ✓ 60. TALUKDAR, H. Taungya System in West Bengal. *Indian Forester Ranger College Annual*, 1948. pp. 78-80.
61. VASTEY, J. de. Estudios sobre propagación de especies forestales por estacas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1962. 67 p.
- ✓ 62. VERDUZCO GUTIERREZ, J. Posible solución de la agricultura nómada en bosques tropicales: Sistema "Taungya". *Bosques (México)* 1(2):4-8. 1964.
63. \_\_\_\_\_. Incremento de las especies valiosas por el sistema taungya. *Bosques (México)* 7(1):28-31. 1970.
64. VIDELA P., E. O. Las implantaciones forestales en el Sur de la República de Chile. *Caribbean Forester (Puerto Rico)* 22(3-4):51-56. 1961.

65. WATTERS, R. F. La agricultura migratoria en América Latina. FAO. Cuaderno de Fomento Forestal no. 17. 1971. 342 p.
66. WILM, H. G. Bosques y cuencas hidrográficas. In La influencia de los montes. Roma, FAO, 1962. pp. 228-263.
67. WRYHT, J. W. Mejoramiento genético de los árboles forestales. Roma, FAO, 1964. 437 p.
68. ZOTTL, H. W. y TSCHINKEL, H. Nutrición y fertilización forestal: una guía práctica. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 1971. 116 p.

9. A P E N D I C E

## INVESTIGACION SISTEMA "TAUNGYA"

Formulario A1.

Bloque N°

Fecha:

Trata- miento N°	Subtrata- miento N°	Planta N°	Altura de las plantas (cm)	Diámetro (cm)	Observaciones
	1	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
		7			
		8			
		9			
		10			
		11			
		12			
		13			
		14			
		15			
	2	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
		7			
		8			
		9			
		10			
		11			
		12			
		13			
		14			
		15			

o utilizado en la plantación y mantenimiento (horas hombre/ha) para los sistemas y tratamientos ados.

tema: 1.484,38 m<sup>2</sup>

Fecha	Sistema Agrisilvicultural				Sistema Silvicultural			
	Con Fertilizante		Sin Fertilizante		Con Fertilizante		Sin Fertilizante	
	Por Parcela	Por ha.	Por Parcela	Por ha.	Por Parcela	Por ha.	Por Parcela	Por ha.
Ago. 12/74	41,5	559,16	41,5	559,16	41,5	559,16	41,5	559,16
Ago. 20/74	3,5	47,16	3,5	47,16	3,5	47,16	3,5	47,16
Ago. 21/74	12,25	165,05	12,25	165,05	12,25	165,05	12,25	165,05
Ago. 22/74	1	13,47	1	13,47	1	13,47	1	13,47
Ago. 22/74	12,25	165,05	12,25	165,05	12,25	165,05	12,25	165,05
Oct. 23/74	4	53,90	4	53,90	4	53,90	4	53,90
Dic. 18/74	10	134,74	10	134,74	10	134,74	10	134,74
Dic. 21/74	3	40,42	---	---	4	53,89	---	---
Dic. 22/74	2	26,95	---	---	3	40,42	---	---
Eno. 17/75	3	40,42	---	---	4	53,89	---	---
Eno. 18/75	2	26,95	---	---	3	40,42	---	---
Feb. 8/75	6	80,84	6	80,84	4	53,89	4	53,89
io Feb. 22/75	0,75	10,11	0,75	10,11	0,75	10,11	0,75	10,11
io Mar. 23/75	0,75	10,11	0,75	10,11	0,75	10,11	0,75	10,11
Abr. 21/75	12,25	165,05	12,25	165,05	12,25	165,05	12,25	165,05
Mayo 5/75	3	40,42	---	---	4	53,89	---	---
Mayo 6/75	1	13,47	---	---	2	26,95	---	---
Mayo 29/75	1	13,47	---	---	2	26,95	---	---
Mayo 30/75	1	13,47	---	---	2	26,95	---	---
Jul. 13/75	---	---	---	---	4	53,89	4	53,89
	120,25	1.620,21	104,25	1.404,64	130,25	1.754,94	106,25	1.431,58