

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CARACTERIZACION DE 81 PLANTAS DE ACHIOTE
(*Bixa orellana* L.) DE LA COLECCION DEL CATIE
PROCEDENTES DE HONDURAS Y GUATEMALA,
Y PROPAGACION VEGETATIVA POR ESTACAS

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

MAGISTER SCIENTIAE

Por

JORGE A. ARCE PORTUGUEZ

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE
Departamento de Producción Vegetal
Turrialba, Costa Rica
1984

DEDICATORIA

A mis padres Jesús y María

A mis hermanos

A los achioteros de Costa Rica

AGRADECIMIENTOS

El autor desea dejar constancia de su profundo y sincero agradecimiento al M.Sc. Hubertus Heinze, Jefe de la Unidad de Recursos Fitogenéticos del CATIE, por la extraordinaria e incalculable ayuda brindada en el desarrollo de mis estudios y de esta investigación.

Al Dr. Lothar Seidewitz, por su incansable y permanente labor de guía, sus oportunos consejos y su constante apoyo moral.

Al Dr. Gustavo Enríquez, por sus valiosas sugerencias y acertados comentarios.

A la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ) y al honorable gobierno de la República Federal de Alemania, por el apoyo económico suministrado en el transcurso de mis estudios y de este trabajo.

Al compañero y amigo M.Sc. Jorge Morera M., por sus valiosos comentarios y frecuente apoyo moral.

A los compañeros de trabajo Alexis Pérez Vargas, Alejandro Dittel y Javier Ocampo, por toda la colaboración brindada en el transcurso de esta investigación.

Al personal del Centro de Investigación en Productos Naturales (CIPRONA) de la Universidad de Costa Rica, por la gran colaboración prestada en los análisis químicos.

A los compañeros de la Unidad de Recursos Fitogenéticos y a todas aquellas personas que con su esfuerzo y ayuda hicieron posible la realización de este trabajo.

A la señorita Maritza Loaiza E. y a la señora Hilda Jiménez, por su excelente trabajo de mecanografía,

Para todos ellos mi eterno agradecimiento.

BIOGRAFIA

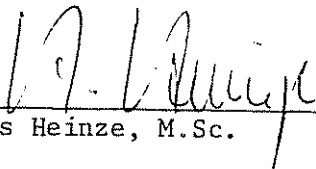
Costarricense, graduado de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, con especialidad en Fitotecnia, en el año 1979. Desde mediados de 1979 hasta principios de 1981, trabajó como asistente de la Unidad de Comunicación e Información del CATIE. Desde principios de 1981 hasta la fecha, trabaja como encargado del Banco de Semillas de la Unidad de Recursos Fitogenéticos del CATIE,

En los años 1981 y 1982 trabajó como profesor de Edafología en el Centro Regional Universitario del Atlántico y en la Universidad Nacional Estatal a Distancia. En marzo de 1982 ingresó al Departamento de Producción Vegetal del Sistema de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y la Universidad de Costa Rica (UCR), obteniendo el grado de *Magister Scientiae* en marzo de 1984.


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


Hubertus Heinze, M.Sc.

Profesor Consejero


Lothar Seidewitz, Dr. rer. hort.

Miembro del Comité

Gustavo Enríquez, Ph.D.

Miembro del Comité

Alvaro Cordero, Ph.D.

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

Oscar Fernández, Dr.Sc.

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

Jorge Arce Portuguez

Candidato

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	x
SUMMARY	xiii
LISTA DE CUADROS	xvi
LISTA DE FIGURAS	xxi
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	4
Origen y distribución geográfica	4
Clasificación taxonómica	4
Descripción de la planta	5
Raíz	5
Tallo	5
Ramas	6
Hojas	6
Flores	6
Frutos	7
Semillas.....	8
Enfermedades y plagas	9
Caracterización morfológica	10
Observación de características y toma de datos	12
Caracterización morfológica de <i>Bixa orellana</i> L.	15
Propagación vegetativa por estacas	19
Influencia de época en el enraizado	20
Factores externos que influyen en el enraizado de estacas ...	21

	<u>Página</u>
Influencia de los reguladores de crecimiento en el enraizado de estacas	22
Formas de aplicación y dosis utilizadas	23
Propagación de <i>Bixa orellana</i> por estacas	24
PARTE I. CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE LA COLECCION DE <i>Bixa orellana</i> L.	26
Materiales y métodos	26
Lugar de estudio	26
Material experimental	26
Medida de las plantas	27
Cosecha de las plantas	27
Caracterización de enfermedades y plagas	28
Metodología empleada en la caracterización	29
Análisis de bixina y de aceite	29
Análisis de datos	29
Cálculo del rendimiento	30
Resultados y discusión	43
Análisis del crecimiento de las plantas	43
Características cualitativas	45
Relaciones entre características cualitativas y cuantitativas	52
Características cuantitativas	56
Relaciones entre las características	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
PARTE II. PROPAGACION VEGETATIVA DE <i>Bixa orellana</i> L. UTILIZANDO ESTACAS	74

	<u>Página</u>
Materiales y métodos	74
Localización de los ensayos	74
Material experimental	74
Ensayos realizados	74
Recolección de datos	86
Análisis de datos	86
Resultados y discusión	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
LITERATURA CITADA	120
APENDICE	124

RESUMEN

Se caracterizaron 81 plantas de *Bixa orellana* L., procedentes de Honduras y Guatemala con el propósito de identificar su utilidad agronómica y económica. El estudio se llevó a cabo en una sección de las colecciones vivas de la Unidad de Recursos Fitogenéticos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica, en el período comprendido entre abril de 1982 y marzo de 1983, período que correspondió al segundo y parte del tercer año de crecimiento de las plantas. Se observaron características morfológicas, fisiológicas y agronómicas. Además, las plantas se caracterizaron químicamente.¹⁾ Se tomaron datos de las siguientes características:

- a) Crecimiento de las plantas
- b) Producción de semilla seca por planta y por año
- c) Número de panículas y de cápsulas por árbol
- d) Número de cápsulas por panícula
- e) Número de semillas por cápsula
- f) Longitud, ancho y grosor de las cápsulas
- g) Peso seco de 100 semillas
- h) Contenidos de bixina y de aceite
- i) Estado fisiológico de las plantas
- j) Color de las flores y de los frutos
- k) Espinosidad de las cápsulas y longitud de las espinas
- l) Visibilidad de las panículas
- 11) Dehiscencia de frutos maduros y secos

- m) Incidencia de *Oidium bixae* Viegas en ramas, hojas y frutos; *Cercospora bixae* A. et. N. en hojas y *Corticium salmonicolor* Berk. et. Br. en el tallo y ramas
- n) Ataque a las cápsulas de *Leptoglossus zonatus* Dallas y de un lepidóptero aún no identificado

Se obtuvieron relaciones de interés entre características cualitativas y cuantitativas.

En el período de observación se encontró que la mayoría de las plantas crecieron más hacia lo ancho que en altura, variando los promedios de crecimiento en anchura desde 42 hasta 113 cm y los de la altura desde 34 hasta 136 cm.

La mayoría de las plantas fueron atacadas por *Oidium bixae* tanto en sus ramas jóvenes como en sus hojas y frutos. *Cercospora bixae* se encontró atacando hojas viejas y *Corticium salmonicolor* el tallo y las ramas. Por otra parte, *Leptoglossus zonatus* y un lepidóptero aún no identificado atacaron los frutos producidos por la mayoría de las plantas.

Se identificaron 3 formas básicas de frutos: ovoides, hemisféricos y cónicos, siendo estos últimos los que con mayor frecuencia se presentaron. Los cónicos presentaron la más alta espinosidad, el mayor número de semillas (33 en promedio) y los mayores porcentajes de bixina y de aceite (3,8 y 6,7 respectivamente),

El número de semillas por cápsula osciló entre 16 y 52 siendo el promedio de 34. Se encontró que entre mayor fue la espinosidad tanto mayor fue el número de semillas.

La característica rendimiento fue sumamente variable pues osciló entre 0,01 y 5,98 kg de semilla seca por planta.

Se encontró que el color de la flor puede ser un buen indicador para diferenciar genotipos, pues las plantas que presentaron flores de color violeta produjeron cápsulas con el mayor número de semillas, alta espinosidad, formas entre cónicas y hemisféricas y altos contenidos de bixina y de aceite. El 85 % de las plantas presentaron contenidos de bixina superiores a 2,5, porcentaje mínimo aceptable en los mercados internacionales.

En relación con la propagación vegetativa por estacas, se encontró que las apicales con brote y con hojas enraizaron mejor que las subapicales y las basales. La arena de río lavada con agua resultó ser un buen medio de enraizamiento. Sin embargo, sería deseable realizar pruebas con otros medios tales como aserrín, tierra y mezclas de arena con tierra. El tiempo de enraizado de las estacas fue de aproximadamente 38 días. Las concentraciones de 2000, 4000 y 8000 ppm de Acido Indol Butírico estimularon el desarrollo de raíces.

Al estudiar la influencia de 4 diferentes ambientes en el enraizado de estacas se observó que, los ambientes que prevalecieron tanto en los enraizadores de concreto instalados dentro de un invernadero como en los enraizadores al aire libre cubiertos con polietileno transparente y "zarán", en los que prevaleció una alta humedad relativa, fueron los que mayormente favorecieron el desarrollo de raíces.

La presencia de hojas bien desarrolladas en las estacas, la alta humedad relativa y la protección contra la luz del sol, fueron factores que jugaron un papel importante en el enraizado de estacas de achote.

SUMMARY

Eighty one annatto plants (*Bixa orellana* L.) introduced from Honduras and Guatemala were characterized with the purpose of identifying their agronomic and economic utility. This study was carried out in one section of the living collections of the Genetic Resources Unit of the Tropical Agricultural Research and Training Center, CATIE, Turrialba Costa Rica, between april 1982 and march 1983, in the second and part of the third year of growth of the plants. Morphological, physiological and agronomical characteristics were studied. In addition, plants were characterized chemically. Data on the following characteristics were taken:

- a) Plant growth
- b) Dry seed production per plant and per year
- c) Number of panicles and capsules per tree
- d) Number of capsules per panicle
- e) Number of seeds per capsule
- f) Length, width and thickness of capsules
- g) Dry weight of 100 seeds
- h) Bixin and oil content
- i) Physiological stage of the plants
- j) Flower and fruit color
- k) Presence of spines in the capsules and spine lengths
- l) Visibility of panicles
- m) Dehiscence of dry and mature fruits

n) Level of attack of *Oidium bixae* Viegas on the branches, leaves and fruits; *Cercospora bixae* A. & N. on leaves; *Corticium salmonicolor* Berk. & Br. on the stem and branches; *Leptoglossus zonatus* Dallas and an unidentified insect on fruits.

Relevant correlations were obtained among quantitative and qualitative characteristics.

During the observation period it was found that the majority of plants grew more in width than in height, the averages of growth varying in width from 42 to 113 cm and in height from 34 to 136 cm.

Most of the plants had been attacked by *Oidium bixae* on their young branches and fruits. *Cercospora bixae* damage was found on old leaves while *Corticium salmonicolor* damage was noted on the stem and branches. Fruits of the majority of plants had been attacked by *Leptoglossus zonatus* and an unidentified insect.

Three basic fruit forms were identified: ovate, spherical and elongated. The elongated fruits appeared more frequently. The elongated fruits had a greater quantity of spines than the others, a high number of seeds (33 in average) and the highest bixin and oil contents (3.8 and 6.7 respectively).

The number of seeds per capsule ranged from 16 to 52, with an average of 34. A greater number of spines was associated with a greater number of seeds per capsule.

The yield was quite variable and ranged from 0.01 to 5.98 kg of dry seed per plant.

Flower color may be a good indicator to identify genotypes, because in one plantation, plants with purple flowers consistently had more seeds per capsule, many spines, spherical and elongated capsule forms and high bixin and oil contents. Most of the plants (85 %) presented bixin contents above 2.5 %, the minimum quantity admitted in the international market.

In relation to vegetative propagation, cuttings with sprouted apices and with leaves rooted better than the other cutting types. River sand proved a good medium for rooting. Nevertheless, it is necessary to carry out tests with other materials such as sawdust, soil and mixtures of soil and sand. Thirty-eight days passed from planting the cuttings until the evaluation.

The Indol Butiric Acid concentrations of 2000, 4000 and 8000 ppm, functioned very well in stimulating root development.

In a study of the influence of four different environments on the rooting of cuttings, the blocks of propagators placed inside a greenhouse and those placed in the field and covered with transparent polyethylene and "saran" had good root development.

The presence of leaves on the cuttings well developed, high relative humidity and protection against sun light, were the 3 most important factors wich led to success in the rooting of annatto cuttings.

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1	Codificación de grados de expresión de características basada en la escala de 1 a 9	14
2	Lista de características utilizadas en la caracterización de 81 plantas de achiote procedentes de Honduras y Guatemala	31
3	Definición de las características de achiote y sus correspondientes grados de expresión	33
4	Introducciones de achiote, por familias, utilizadas en la caracterización	40
5	Distribución de frecuencias y porcentajes de las características cualitativas de 81 plantas de achiote procedentes de Honduras y Guatemala	41
6	Algunas relaciones entre características cualitativas y cuantitativas	53
7	Distribución de frecuencias y porcentajes de las características cuantitativas de 81 plantas de achiote procedentes de Honduras y Guatemala	57
8	Coefficientes de correlación significativa al 1% entre pares de características, basados en el promedio estandarizado de 81 plantas de achiote	64
9	Promedios, desviaciones estándar, coeficientes de variación, observaciones mínima y máxima de 12 características cuantitativas estudiadas en 81 plantas de achiote	68
10	Estacas de achiote enraizadas, muertas y latentes como respuesta a 2 tratamientos hormonales y un testigo sin hormona en enraizadores de concreto ...	88
11	Estacas de achiote enraizadas, muertas y latentes como respuesta a 2 tratamientos hormonales y un testigo sin hormona en un cobertizo	90

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
12	Estacas de achiote enraizadas, muertas y latentes como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB AIB	91
13	Estacas basales de achiote enraizadas, muertas y latentes, como respuesta a 2 tipos de corte y una concentración de 8000 ppm de AIB	93
14	Estacas basales enraizadas, latentes y muertas en respuesta a la aplicación de 3 niveles de AIB y un testigo sin hormona	94
15	Estacas subapicales enraizadas, latentes y muertas en respuesta a la aplicación de 3 niveles de AIB y un testigo sin hormona	96
16	Estacas apicales con brote y con hojas enraizadas, latentes y muertas, como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB	97
17	Estacas muertas, enraizadas, latentes y longitud de raíces, de acuerdo con los tratamientos de AIB aplicados	97
18	Análisis de variancia para las estacas muertas, enraizadas y latentes en los 4 bloques del experimento	98
19	Codificación de raíces de acuerdo con los diferentes tratamientos de AIB aplicados	98
20	Número de estacas enraizadas, latentes y muertas como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB	100
21	Porcentaje de estacas enraizadas, latentes, muertas y longitud de raíces, en respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB	100
22	Análisis de variancia para estacas enraizadas, latentes y muertas en los 4 bloques del experimento	101
23	Codificación de raíces de acuerdo con los diferentes tratamientos de AIB aplicados	101

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
24	Número de estacas enraizadas, latentes y muertas como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB	104
25	Porcentaje de estacas enraizadas, latentes, muertas y longitud de raíces, en respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB	104
26	Análisis de variancia para estacas enraizadas, latentes y muertas en los 4 bloques del experimento	105
27	Codificación de raíces de acuerdo con los diferentes tratamientos de AIB aplicados	105
28	Número de estacas enraizadas, latentes y muertas como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB	106
29	Porcentaje de estacas enraizadas, latentes, muertas y longitud de raíces, en respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB	106
30	Análisis de variancia para estacas enraizadas, latentes y muertas en los 4 bloques del experimento	107
31	Codificación de raíces de acuerdo con los diferentes tratamientos de AIB aplicados	107
32	Número de estacas enraizadas, latentes y muertas, como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB	109
33	Porcentaje de estacas enraizadas, latentes, muertas y longitud de raíces, en respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB	109
34	Análisis de variancia para estacas enraizadas, latentes y muertas en los 4 bloques del experimento	110
35	Codificación de raíces de acuerdo con los diferentes tratamientos de AIB aplicados	110
36	Número de estacas enraizadas, latentes y muertas como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB	112

Cuadro No.Página

37	Porcentaje de estacas enraizadas, latentes, muertas y longitud de raíces, en respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB	113
38	Análisis de variancia para estacas enraizadas, latentes y muertas en los 4 bloques del experimento	114
39	Codificación de raíces de acuerdo con los diferentes niveles de AIB aplicados	114
40	Número de estacas enraizadas, latentes y muertas como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB	115
41	Porcentaje de estacas enraizadas, latentes, muertas y longitud de raíces, en respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB	115
42	Análisis de variancia para estacas enraizadas, latentes y muertas en los 4 bloques del experimento .	116
43	Codificación de raíces de acuerdo con los diferentes niveles de AIB aplicados	116

En el Apéndice

1A	Datos pedológicos, químicos y físicos del suelo donde está plantada la colección de achiote	132
2A	Resumen mensual de los datos meteorológicos desde enero 1982 hasta diciembre 1983, tomados en la Estación Meteorológica del CATIE	133
3A	Materiales e instrumentos utilizados en la caracterización de 81 plantas de achiote	134
4A	Formulario empleado en la recolección de datos de 81 plantas de achiote	135
5A	Caracterización de enfermedades y plagas de 81 plantas de achiote de la colección del CATIE, Turrialba, en el período abril 1982-marzo 1983	136
6A	Exposición de panículas, color de flor, color y espinosidad de la cápsula, longitud de las espinas, forma de la cápsula y dehiscencia de 81 plantas de achiote caracterizadas en el período abril 1982-marzo 1983	139

Cuadro No.Página

7A	Número de panículas, frutos por plantas, frutos por panícula, semillas por fruto, peso seco de 100 semillas y producción total de semilla seca de 81 plantas de achiote caracterizadas en el período abril 1982-marzo 1983	142
8A	Contenidos de bixina y de aceite, longitud, ancho, grosor y longitud de la parte más amplia (p+a) del fruto de 81 plantas de achiote caracterizadas en el período abril 1982-marzo 1983	145
9A	Explicación de los códigos de colores de Methuen ..	148

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
1	Formas de crecimiento presentadas por las plantas estudiadas durante el período de observación	44
2	Grados de visibilidad de las panículas en las plantas	49
3	Estacas apicales, subapicales y basales utilizadas en la propagación vegetativa	76
4	Enraizadores de concreto utilizados en la propagación de estacas de achiote	82
5	Codificación del sistema radical de estacas de achiote	84
<u>En el apéndice</u>		
1A	Promedios de crecimiento de altura y ancho de las plantas, por número de introducción y por mes, durante el período de observación	125
2A	Dibujos de cápsulas de la colección de achiote	129

INTRODUCCION

El achiote (*Bixa orellana* L.) es un colorante natural utilizado desde hace muchos años para muy diversos propósitos. Comúnmente se le ha empleado para la coloración de productos alimenticios, en la industria de cosméticos, en la medicina popular, en la alimentación de aves de corral y muchas cosas más. No fue sino a partir del año 1884, con la introducción al mercado de un tinte derivado de la anilina conocido como "Rojo Congo", que el interés por el achiote decreció considerablemente. Sin embargo, investigaciones recientes acerca del uso de los colorantes artificiales en productos alimenticios han revelado que estos son nocivos para la salud, razón por la cual su uso se ha prohibido tanto en Costa Rica como en muchos otros países. De ahí que sea urgente y necesaria la búsqueda de alternativas que permitan reemplazar los colorantes sintéticos.

Actualmente la demanda por achiote se está incrementando tanto en los mercados nacionales como internacionales. En Costa Rica, ha surgido gran interés por este cultivo, pues muchos interesados creen que además de constituir un recurso renovable capaz de generar empleo y divisas al país, constituye una alternativa económica para diversificar la agricultura.

La información que hasta la fecha se encuentra disponible en relación con el cultivo es muy escasa. Algunos esfuerzos aislados se han realizado en el pasado en algunos países de América, pero estos han sido más producto del entusiasmo de unas pocas personas que de programas sistemáticos de mejoramiento del cultivo. Es de reconocer, sin embargo, que el poco interés mostrado por los investigadores se ha debido, fundamentalmente, al escaso

apoyo brindado por parte de las instituciones encargadas de la investigación y extensión agrícola.

Actualmente en el CATIE se cuenta con una colección de *Bixa orellana* L. Por esta razón, se creyó conveniente caracterizarla a fin de identificar materiales promisorios que puedan contribuir al establecimiento de nuevas plantaciones y a mejorar las ya existentes. Como se sabe, el conocimiento de las características de las plantas juega un papel importante en la selección de genotipos promisorios, puesto que estos pueden ser utilizados en programas de mejoramiento genético del cultivo.

Tradicionalmente el achiote se ha propagado por semillas. Sin embargo esta forma de propagación es fuente de variabilidad en la descendencia debido al alto grado de polinización abierta que presenta. Por esta razón, la mayoría de las plantaciones establecidas son muy heterogéneas. Hasta la fecha, no se dispone de fuentes para la producción de semillas que produzcan descendencia homogénea o lo suficientemente homogénea en las características importantes de producción. De ahí que sea importante realizar trabajos de propagación vegetativa a fin de obtener material clonal.

Por ser muy escasa la información disponible acerca de la propagación vegetativa del achiote por medio de estacas, se decidió estudiar más detenidamente esta forma de propagación asexual, a fin de poder establecer plantaciones clonales de genotipos deseables.

Por ser el achiote un cultivo con valor potencial agronómico y por contar en el CATIE con una colección que incluye gran variabilidad, se decidió emprender este estudio tomando en consideración los siguientes objetivos:

a) caracterizar, para luego seleccionar, aquellas plantas que por su valor potencial agronómico puedan ser utilizadas en programas de mejoramiento genético,

b) determinar cuáles son las características más valiosas para distinguir genotipos en una población,

c) establecer un método eficiente y económico de propagación vegetativa.

REVISION DE LITERATURA

Origen y distribución geográfica

El achiote (*Bixa orellana* L.) es una planta nativa de la América Tropical. Su lugar de origen posiblemente sea la cuenca amazónica, ya que en ese lugar se encuentran creciendo silvestres otras especies del género (7, 24, 33).

Antes de la conquista de América por los españoles el achiote crecía desde México hasta Brasil. Con el correr del tiempo, la planta fue introducida a algunos países asiáticos y africanos en donde actualmente se le cultiva y explota comercialmente. Esta fue una de las primeras plantas americanas que fue introducida y naturalizada en el sur de Asia y África Tropical. Actualmente algunos países africanos se cuentan entre los grandes productores de achiote en el mundo (9, 24, 33, 40).

Clasificación taxonómica

El achiote se clasifica de la siguiente manera (7, 33, 38):

División	:	Spermatophyta
Subdivisión	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotyledoneae
Subclase	:	Dialipetale
Orden	:	Guttiferales
Familia	:	Bixaceae
Género	:	<i>Bixa</i>
Especies	:	<i>orellana</i> L.; <i>excelsa</i> G. et. K; <i>platycarpa</i> R. et. P.; <i>arborea</i> H.; <i>urucurana</i> W.

Baer (7) y Morton (33) mencionan la existencia de *Bixa orellana* forma *Leiocarpa*, conocida también como *Orellana americana* var. *Leiocarpa* y de *Bixa odorata* R. et. P.

Sánchez (32) en Colombia, menciona la existencia de las especies *B. upatensis* G. y *B. azara* R. et. P.

Según Morton (25) el nombre *orellana* fue dado en honor al célebre descubridor del Amazonas don Francisco Orellana, y el término *Bixa* se deriva de la lengua Taino, de la palabra "bixa" que los indígenas pronunciaban "bisha".

Descripción de la planta

Es un arbusto que mide entre 2 y 5 m de altura dependiendo de las condiciones ecológicas en que se encuentre creciendo. En ocasiones puede medir 10 o más metros de altura. Sin embargo, su tamaño dependerá básicamente del manejo, el tipo y la densidad de la plantación (9, 19, 24, 33).

Raíz

Es pivotante (36) y posee numerosas raíces secundarias y terciarias. Cuando adulta, la planta posee un sistema radical bien desarrollado. Hasta la fecha no se tiene conocimiento de la raíz de plantas adultas propagadas vegetativamente (19).

Tallo

Presenta ramificación dicotómica desde su base y de su corteza brota un látex rojizo. Su corteza es parda y la forma que presenta el árbol es muy variada. Su diámetro, en la base, puede medir desde 20 hasta 30 cm o más (29, 36).

Ramas

Por lo general son delgadas y con el tiempo tienden a ser leñosas. Enríquez y Salazar (19) afirman que su coloración puede variar del verde al morado y que su crecimiento no es bien determinado. En Turrialba, el achiote produce gran cantidad de brotes ortotrópicos tanto en el tronco como en las ramas primarias, ya sea antes o durante el período de floración, los que posteriormente florecerán produciendo numerosas cápsulas (37).

Hojas

Simples, alternas, estipuladas, acorazonadas en la base y punteadas en el ápice, de color verde oscuro cuando maduras y lisas en ambos lados (33, 38). Enríquez y Salazar (19) aseguran que las hojas tienen formas muy diversas dependiendo del tipo. En la madurez se tornan algo coriáceas y su envés es de un ligero color plateado. Según Morton (33), las hojas pueden medir desde 5 hasta 14 cm de ancho, su longitud puede variar entre 7 y 20 cm y la longitud del pecíolo puede alcanzar hasta 5 cm.

Rivera (36) afirma que las hojas son caducifolias especialmente durante la época seca.

Flores

Actinomorfas, pentámeras, con numerosos estambres y ovario súpero unilocular de 2 carpelos, hermafroditas, aparecen en panículas terminales (11, 33, 38, 43).

Enríquez y Salazar (19) afirman que las flores varían en su color desde el blanco hasta el rosado y su tamaño es ligeramente variable.

Rodríguez y Enríquez (37) dicen que la flor tiene estambres pequeños con pedúnculos cortos dispuestos alrededor del pistilo, y que su número puede variar entre 350 y 400 por flor. Dicen también que el pistilo tiene un estigma en forma de "boca abierta", su estilo es largo y erecto y cuando madura tiene una forma similar a la "S". Los mismos autores aseguran que la floración es escalonada, pues las flores de la parte superior son las que abren primero, mientras que las de la parte inferior lo hacen posteriormente. Por otra parte, afirman que la antera contiene 8 sacos embrionarios que producen abundante polen, que la viabilidad de este último es de aproximadamente 9 a 11 horas y que la receptibilidad del pistilo puede durar 9 días en flores emasculadas y no fecundadas.

El ovario, que tiene forma elipsoidal y está rodeado por numerosos pelos glandulares, posee 2 valvas (en ocasiones 3) y en sus costados se localizan numerosos óvulos. Los pétalos, que pueden ser redondeados u ovalados, son caducos (11, 36).

Frutos

Son cápsulas dehiscentes de formas, tamaños y colores muy variables. Están cubiertos por numerosas espinas de diferentes tamaños y dureza. También existen frutos sin espinas (9, 11, 21, 24, 33, 36).

La cápsula consiste generalmente de 2 valvas cuyas paredes son delgadas. En el interior de cada valva se encuentra una placenta que se prolonga en una membrana blanca y que en la mayoría de los frutos está adherida a la pared. En ocasiones es posible encontrar frutos con 3 valvas, característica que sería deseable incrementar a fin de aumentar la producción por árbol (11, 24, 33, 36).

Hart (21) en Papua Nueva Guinea encontró las siguientes formas de cápsulas: elongadas, esféricas y ovadas. Determinó que las semillas de cápsulas de forma esférica poseían los más altos contenidos de bixina (5,3 por ciento), las de cápsulas elongadas tenían de 3,4 a 4,6 por ciento y las de cápsulas ovadas solamente poseían contenidos de bixina que oscilaban entre 1,6 y 1,9 por ciento.

Enríquez y Salazar (19) afirman que existen algunas variedades que tienen fruto indehiscente, y que tanto su forma como su textura y color varía mucho entre cultivares, pudiéndose utilizar estas características para identificar genotipos y clones en forma segura.

Semillas

Están unidas a la placenta por medio de apéndices de contextura algo dura y su número puede variar entre 10 y 60 por cápsula. Son pequeñas, livianas, de formas y tamaños muy variables. Están recubiertas por una membrana fina debajo de la cual se encuentra el colorante (11, 19, 24, 33, 36).

Enríquez y Salazar (19) aseguran que la variabilidad en peso y tamaño de las semillas dentro de un mismo árbol es muy grande, dependiendo principalmente del tipo.

El colorante principal presente en las semillas es la bixina, un carotenoide carboxílico con estructura química similar a la del caroteno. También existen, aunque en menor proporción, otros colorantes de naturaleza carotenoide. Además, contienen cantidades variables de aceite (6, 24, 33). La bixina tiende a degradarse rápidamente en presencia de luz y temperaturas

mayores de 70°C. El almacenamiento prolongado de las semillas también afecta desfavorablemente el contenido de bixina (6, 24),

Enfermedades y plagas

Varios autores (8, 9, 29, 33, 35, 36) coinciden en señalar las siguientes enfermedades como las de mayor importancia:

a) *Oidium bixae* Viegas. Ataca principalmente hojas, brotes jóvenes, flores y cápsulas. Se caracteriza por producir un polvo blancuzco que cubre las partes afectadas. En ataques tempranos puede producirle serios daños a las plantas. Es de distribución universal y quizás una de las enfermedades más limitantes que tiene el cultivo.

b) *Cercospora bixae* A. et. N. Ataca principalmente las hojas viejas de árboles que se encuentran creciendo bajo sombra. Se caracteriza por producir manchas de color café rodeadas de un halo amarillento. En ataques severos puede producir completa defoliación del árbol,

c) *Corticium salmonicolor* Berk. et. Br. Es común en áreas que corresponden al trópico húmedo bajo. En las áreas atacadas se desarrolla un micelio de color rosado. Produce defoliación y la muerte de ramas.

d) *Cephaleuros virescens* Kunze. Su ataque se produce especialmente a las hojas pudiendo llegar a defoliar la planta cuando este es severo. En Brasil esta es una enfermedad de mucha importancia. Es causada por algas^{1/}.

^{1/} LAGUNA, G. Enfermedades del achiote, Turrialba, CATIE, 1983. Comunicación personal.

Otras enfermedades de importancia, pero no registradas en Costa Rica, son las causadas por *Ovularia bixae*, *Phyllosticta bixina*, *Sclerotium botanica* y *Uredo bixae*.

Entre las plagas que con mayor frecuencia atacan al achiote se cuentan:

a) *Atta* spp. (hormigas). Destruyen las hojas tiernas provocando defoliación parcial o total de la planta.

b) *Leptoglossus zonatus* Dallas. Hemíptero que perfora las cápsulas provocando la pronta invasión de otros insectos y hongos. En Turrialba esta es una plaga importante.

c) *Trigona* sp. Hímenóptero que ataca los brotes nuevos y las hojas tiernas produciendo defoliación parcial.

d) Gusano de la cápsula (Lepidóptero). Larva no identificada que ataca las semillas dentro del fruto produciéndoles serios daños. Es bastante móvil. En Turrialba es una plaga importante.

Otras plagas de interés son: *Selenothrips rubrocinetus*, *Tetranychus* spp. y *Pseudococcus* spp.

1. CARACTERIZACION MORFOLOGICA

La caracterización de los materiales considerados como "potenciales fitogenéticos" en un banco de germoplasma juega un papel muy importante, puesto que permite la selección y posterior utilización de los materiales en programas de mejoramiento genético o de otra naturaleza. De acuerdo con el International Board for Plant Genetic Resources, IBPGR (25), la caracterización

consiste en registrar aquellas características que son altamente heredables, que pueden ser fácilmente vistas y que son expresadas en todos los ambientes.

Shetler *et.al.* (42) consideran que la caracterización debe y tiene que ser clara, en términos positivos de acuerdo con los atributos morfológicos que la planta posee. De ninguna manera se debe describir una planta comparándola con otra, o expresar el resultado de la descripción en forma negativa.

Chang (10) afirma que los objetivos que se persiguen al describir una colección de plantas de determinada especie o grupo de especies son los siguientes:

- a) Identificar líneas para el mejoramiento,
- b) diferenciar entre varias entradas con nombres semejantes o idénticos,
- c) identificar entradas con características deseables,
- d) clasificar variedades, clones y otros, tomando en cuenta criterios relevantes,
- e) establecer afinidades entre las características de un cultivo y entre grupos geográficos de variedades,
- f) hacer una estimación del grado de variación dentro de una colección varietal.

Engels (14) recomienda que para aumentar el valor relativo de una descripción se incluyan, junto con los datos morfológicos, agronómicos, etc., datos acerca de las prácticas culturales, condiciones climáticas y de suelo, fecha de siembra y otros. Además, asegura que es fundamental que toda la

colección que se va a describir crezca bajo condiciones uniformes, de manera que las diferencias registradas sean típicas de las variedades bajo esas circunstancias. La información generada y debidamente almacenada en el proceso de caracterización, sirve para localizar fácilmente cualquier dato acumulado, establecer correlaciones y determinar los grados de diferencia entre las características de los cultivares (15).

Enríquez (16) asegura que para hacer una descripción de cultivares es preciso conocer las características útiles para describirlas, la variación de cada característica dentro de un mismo cultivar, así como el tamaño apropiado de la muestra que se debe tomar para estimar correctamente la característica. Trabajando con flores de cacao, este autor encontró que para distinguir clones se pueden tomar en cuenta, entre otras, las siguientes características cualitativas: color del pedúnculo floral, color del sépalo, color del estaminoide, coloración de la lígula, coloración de la base del estilo, color del botón y presencia de pelos glandulares en los sépalos.

Observación de características y toma de datos

Según Astorga y Seidewitz (5) un descriptor es el nombre que se le da a una característica, o bien, es la denominación asignada a un fenómeno que se presenta en una determinada planta el cual se quiere medir. Además, en el contenido de los descriptores y sus respectivos estados se debe reconocer lo siguiente:

a) los descriptores son nociones para llamar a las características, para evaluar la diversidad genética. Por tanto, resulta ilógico hablar de una evaluación de descriptores;

b) el descriptor se compone de uno o más términos, pero en sí estos términos se refieren a una característica evaluable en un momento determinado.

Los descriptores se deben presentar en forma gramatical correcta, utilizando para ello los genitivos partitivos y las preposiciones necesarias a fin de darles un sentido gramatical estricto (5).

Según Engles (15), una característica es un atributo de un organismo y es el producto de la interacción de uno o más genes con el ambiente. A su vez, las características se dividen en cualitativas y cuantitativas (2, 15, 23, 26, 32).

A cada característica se le asigna una escala de valores que se conoce con el nombre de "grados de la característica". Así, si el descriptor se refiere a una característica cuantitativa como la longitud del fruto o el rendimiento, el estado del descriptor se debe expresar en la unidad de medida usada (cm, ton/ha), o bien, la medida puede codificarse para facilitar el almacenamiento de datos. De esta manera, la longitud del fruto puede clasificarse de acuerdo con una escala de 1 a 9, estableciendo límites de medidas para cada grado (Cuadro 1). Cuando el descriptor se refiere a una característica cualitativa como el color o la forma, los respectivos estados se pueden expresar basándose en un estándar de colores (27) o en definiciones geométricas respectivamente.

La escogencia de un conjunto de características es un trabajo largo y laborioso, dado que hay que considerar todas las posibles aplicaciones futuras. De ahí que previamente a la elaboración de las listas de características sea necesario consultar la literatura, la opinión de expertos y estudiar

Cuadro 1. Codificación de grados de expresión de características basada en la escala de 1 a 9.

Código	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nº de ejemplos									
I	Muy bajo	Muy bajo a bajo	Bajo	Bajo a inter-medio	Intermedio	Intermedio a alto	Alto	Alto a muy alto	Muy alto
II	Muy bajo	-----	Bajo	-----	Intermedio	-----	Alto	-----	Muy alto
III	-----	Muy bajo a bajo	-----	Bajo a inter-medio	-----	Intermedio a alto	-----	Alto a muy alto	-----
IV	-----	-----	Bajo	-----	Intermedio	-----	Alto	-----	-----
V	-----	-----	Bajo	-----	-----	-----	Alto	-----	-----
VI	Muy bajo	-----	-----	-----	Intermedio	-----	-----	-----	Muy alto
VII	Muy bajo	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Muy alto

la variabilidad existente en el campo. Seguidamente, cada característica debe ser sometida a prueba con el propósito de observar si suministra la información deseada (31).

Según Engels (15) la elaboración de listas de características por cultivo o grupos de cultivos relacionados son importantes porque ayudan a uniformar y estandarizar la caracterización, facilitan y posibilitan la caracterización, y, además, permiten intensificar el intercambio de datos entre instituciones nacionales e internacionales.

La toma y presentación de datos para el manejo electrónico, requiere de un conocimiento detallado de los requisitos establecidos por las secciones de documentación. Durante la recolección "activa" de datos, es decir, durante la caracterización, siempre se tiene que decidir en qué forma se quieren registrar los datos, puesto que estos se pueden presentar como medidas reales o como estados clasificados. Las medidas reales en general no causan problemas si el órgano por medir está bien definido y el equipo es adecuado, mientras que la clasificación de la expresión fenotípica de características cuantitativas es mucho más difícil y subjetiva (15, 25, 26, 41).

Caracterización morfológica de *Bixa orellana* L.

Singh *et.al.* (43) en Puerto Rico, estudiaron durante 7 años las progenies de 53 tipos de achiote procedentes del interior del país, de México y República Dominicana. Recopilaron datos sobre el vigor de los árboles, sus características morfológicas, rendimiento, calidad de la semilla y resistencia a las enfermedades y plagas. De acuerdo con los datos obtenidos en la

caracterización, hicieron 3 selecciones para la producción de semilla. Estas selecciones demostraron ser bastante uniformes en sus descendencias.

Rivera (36) en El Salvador, después de 2 años de trabajo realizó 4 selecciones tomando en cuenta el tamaño de la cápsula, la cantidad y longitud de las espinas, el número promedio de semillas por cápsula, el color del pigmento, el tamaño de la semilla y el porcentaje de pigmento en peso en relación con la semilla. Afirma que la cantidad y longitud de las espinas son características muy importantes, ya que influyen en la susceptibilidad de las cápsulas a ser atacadas por el hongo *Oidium bixae* V. al retenerse la humedad entre las espinas. Este mismo autor clasificó los diferentes tipos de árboles de acuerdo con las siguientes características:

a) color de la flor y de la cápsula; b) forma de la cápsula; c) cantidad de espinas de la cápsula; d) promedio de semillas por cápsula; e) color del pigmento. Asegura, además, que el número de semillas por cápsula es muy variable aún en frutos procedentes de un mismo árbol, pero que para cada árbol se puede determinar un promedio representativo de la cantidad de semillas que contiene cada uno de los frutos (de 30 a 60 semillas por fruto).

Araya (3) en Costa Rica, caracterizando químicamente 3 de los tipos de achiote mayormente cultivados en el país, determinó que el tipo conocido como "pico de pájaro" era el que poseía mayor cantidad de pigmentos totales en la semilla y menor cantidad de pigmentos totales en la cáscara. Determinó que el número de semillas por cápsula en los 3 tipos oscilaba entre 41 y 43 (promedio de 25 cápsulas).

Rodríguez y Enríquez (37) en Turrialba, Costa Rica, afirman que el desarrollo de ramas parece estar condicionado a los ciclos de producción, que las enfermedades destruyen muchos brotes que potencialmente podrían terminar en inflorescencias, y que el tiempo transcurrido desde la aparición de los botones florales hasta la apertura de la flor parece estar afectado por el ambiente o por variación genética. Los mismos autores, estudiando la biología floral, encontraron que el número de botones florales por panícula puede variar entre 10 y 20 según el tipo, que desde el inicio de la formación de botones florales hasta la apertura de la primera flor pueden transcurrir de 15 a 30 días y que desde la floración hasta la cosecha pueden pasar de 60 a 80 días.

Estudiando 13 variedades de achote procedentes de diferentes localidades durante 2 años consecutivos, Enríquez y Salazar (19) en Turrialba, caracterizaron los árboles de acuerdo con su rendimiento, las características de las cápsulas y la presencia de plagas y enfermedades. Encontraron que la variabilidad de la característica rendimiento es muy alta entre plantas y que, al ser muy variable la producción de un año a otro, no se puede hacer una evaluación adecuada de esta característica en corto tiempo. Por tanto, recomendaron la realización de ensayos de adaptación por períodos largos, a fin de determinar estadísticamente el número de años necesarios para hacer una evaluación confiable. Al estudiar las cápsulas encontraron que el número promedio de semillas por cápsula oscilaba entre 20 y 42, el peso húmedo promedio de 100 semillas iba desde 2,85 hasta 5,58 g, en tanto que el peso seco promedio de 100 semillas presentaba un rango entre 1,62 y 3,16 g. Desde el punto de vista del tamaño y de la forma de las semillas, encontraron que estas características son altamente variables. En relación con plagas y

enfermedades, aseguran que juegan un papel importante en el rendimiento, ya que destruyen los brotes terminales que son las áreas potenciales de fructificación.

Enríquez y Mora (18) en Turrialba, realizaron selecciones a partir de 13 cultivares de achiote utilizando el método de "escores" o índices de selección, tomando en consideración las siguientes características:

- a) rendimiento fresco en peso total de cápsula fresca,
- b) peso fresco de semillas de 100 cápsulas y número de semillas por cápsula,
- c) peso seco de las semillas.

De los 3 componentes del rendimiento anteriormente citados, consideran que el número de semillas por cápsula es quizás uno de los más críticos, puesto que depende del número de óvulos que contenga cada ovario y de la eficiencia de la polinización.

Vallejo *et.al.* (44) en Colombia, realizaron un estudio durante 14 meses con el propósito de estimar el grado de asociación entre el rendimiento y sus componentes y, a la vez, determinar índices de selección para esa característica. Evaluaron las siguientes características: número de panículas por planta, número de cápsulas por panícula, número de cápsulas por planta, número de semillas por cápsula, peso de semillas por cápsula, peso de 100 semillas, número de semillas por planta. Para analizar el rendimiento propusieron 3 modelos. Encontraron que, desde el punto de vista práctico, el modelo que resultó de mayor utilidad fue el que consideró el número de panículas por

planta y el peso de semillas por panícula, ya que sus componentes, por ser caracteres fácilmente detectables y cuantificables, pueden escogerse como índices de selección apropiados con miras a mejorar el rendimiento. Concluyeron que las variaciones en el rendimiento de achiote se explican mejor en escala logarítmica que en escala aritmética, y, que para los 3 modelos propuestos, la asociación parcial y múltiple de los componentes primarios con el rendimiento fue altamente significativa, lo cual no permite excluir ninguno de esos componentes en la selección por rendimiento.

Vallejo *et.al.* (45) en Colombia, evaluaron en forma preliminar la variabilidad fenotípica de los componentes del rendimiento y otros caracteres cuantitativos de *Bixa* sp., utilizando la segunda cosecha de 21 introducciones de diferentes procedencias. Encontraron que existía suficiente variación fenotípica entre y dentro de las introducciones evaluadas, por lo que concluyeron que un programa de mejoramiento en *Bixa* sp. se puede enfocar primero a seleccionar las mejores introducciones y posteriormente los mejores árboles de cada introducción para fitomejoramiento. Además, detectaron coeficientes de correlación y regresión negativos y significativos entre el rendimiento y el porcentaje de colorante, positivos y altamente significativos entre el rendimiento, época de cosecha y altura de plantas.

2. PROPAGACION VEGETATIVA POR ESTACAS

Según De Vastey (46) uno de los factores más importantes a considerar en el enraizamiento de estacas, en general, lo constituye la aptitud natural para enraizar que presente el árbol y que varía según la especie y la edad. Esta aptitud constituye un factor hereditario que varía de acuerdo con la

especie y aún entre individuos de la misma especie. Además, considera necesario relacionar el poder de enraizamiento de la estaca con la edad fisiológica del árbol, ya que esta depende de las diferentes etapas por las que tiene que atravesar la planta desde la germinación de la semilla hasta la muerte del árbol. De esta manera, se tendrá una mejor idea del estado general del árbol y se podrá comprender mejor la importancia de la época del año en la toma de estacas y su posterior enraizamiento.

La capacidad de una estaca para emitir raíces es una característica específica determinada por la dureza de la madera y por el crecimiento de la planta. Además, el estado fisiológico del árbol y la época de recolección de las estacas son factores que influyen en el enraizado (28, 30, 46).

Influencia de la época en el enraizado

Aunque la presencia de hojas en la estaca puede favorecer la desecación, también puede ser un factor favorable debido a los carbohidratos que sintetizan. En algunos casos, lo esencial es mantener la cantidad de hojas que pueden asegurar la fotosíntesis, la traslocación normal de sustancias para la formación de raíces, y, a la vez, que mantengan al mínimo la transpiración (12, 30).

Las raíces nacen generalmente cerca de yemas latentes. El corte inferior de la estaca debe hacerse cerca de un nudo porque en esta zona el brote de raíces es más vigoroso. El corte superior se puede hacer a 2 cm sobre un nudo, en forma inclinada y al lado opuesto de la yema. La formación de raíces es precedida (aunque no siempre), de una formación callosa, pero no hay relación aparente de causa a efecto entre callosidad y raíces. El tiempo necesario

para el enraizado varía desde 2 hasta 12 semanas de acuerdo con la especie (12, 30, 47).

En relación con la influencia de la época, existen plantas que se propagan por estacas en cualquier época del año en tanto que otras no. Esto sugiere que ciertas especies tienen una época propicia en la cual se verifica el mayor éxito en el enraizado (12, 30).

Factores externos que influyen en el enraizado de estacas

Además de los factores internos, existen algunos factores externos tales como el medio de enraizamiento, la temperatura, la luz y la humedad, que influyen en el enraizado de estacas.

De Vastey (46) afirma que no existe un determinado medio que convenga al enraizado de todas las especies vegetales, pues cada planta tiene un medio favorable para enraizar sus estacas. Además, es posible que una misma especie enraice en diferentes sustratos de acuerdo con la época del año.

La formación rápida de raíces ocurre, en la mayoría de los casos, cuando el sustrato es ligero, suelto, esterilizado y que mantenga la humedad en forma apropiada, ya que la ausencia de oxígeno es perjudicial.

Los medios convenientes son arena, vermiculita, turba y aserrín, o una mezcla de 2 de estos materiales (12, 17, 30).

La temperatura óptima de enraizado varía de acuerdo con la especie. Para estacas de algunas especies solamente se requiere protección contra los rayos del sol, en tanto que para otras especies se requiere un estricto control de la temperatura ambiente (46).

Cuculiza (12) recomienda conservar el propagador con una temperatura constante que puede oscilar entre 18 y 22°C según la estaca a enraizar.

La influencia de la luz en la formación de raíces es un proceso bastante complejo. Se sabe que fomenta el enraizado al incidir sobre las hojas verdes, pero que lo inhibe al actuar directamente en sitios productores de raíces. Un mínimo de 30% de luz favorece la fotosíntesis, debiendo evitarse el ingreso de mucha luz porque provoca aumento de la temperatura, lo cual hace disminuir el porcentaje de enraizamiento (12, 30, 46).

La humedad relativa del ambiente en el cual crecen las estacas debe ser alta a principios del enraizado a fin de reducir la evaporación y evitar la desecación de las estacas. La humedad relativa se puede mantener entre 90 y 95% (12, 30).

Influencia de los reguladores de crecimiento en el enraizado de estacas

Los reguladores de crecimiento comprenden todos aquellos productos químicos de naturaleza sintética que ejercen acciones similares a las de las fitohormonas en los diferentes órganos de la planta (12, 28, 30).

Aún cuando en el enraizado de estacas los reguladores de crecimiento ejercen una significativa influencia, Cuculiza (12) asegura que en diversas oportunidades se obtienen resultados negativos debido a las siguientes razones:

- a) mayor o menor concentración de la sustancia utilizada,
- b) exceso o defecto en el tiempo de tratamiento,
- c) el tratamiento a la estaca deberá hacerse de acuerdo con las condiciones extrínsecas e intrínsecas que esta presente.

De Vastey (46) asegura que al ser aplicado un regulador de crecimiento a estacas de una especie determinada, los resultados pueden variar según sea la concentración, el sustrato, el método utilizado y la época del año.

Actualmente se encuentran a disposición una gran cantidad de reguladores de crecimiento. Sin embargo, entre los de mayor uso se encuentran el Acido Indolbutírico (AIB), Acido Naftalenoacético (ANA), Naftalenacetamida (NAAD), Acido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D) y Acido,2,4,5-Triclorofenoxiacético (2,4,5-T) (12, 28, 30, 34).

Formas de aplicación y dosis utilizadas

Los reguladores de crecimiento generalmente se aplican en solución, en polvo y en pasta. Sus efectos pueden variar según sea el transportador o el solvente utilizado. Para la aplicación en forma líquida, generalmente se preparan en soluciones alcohólicas o simplemente acuosas; también bajo la forma de emulsiones. Las aplicaciones en polvo implican una mezcla con un inerte sólido tal como arcilla o talco. En pasta, es necesario aplicarlos con la ayuda de lanolina u otras sustancias similares (12, 28, 30, 34).

Primo y Cuñat (34) señalan que, en general, para las aplicaciones en polvo se emplean 3 tipos de concentraciones:

- a) "Baja" : 1 mg por gramo de talco.
- b) "Media" : 4 mg por gramo de talco.
- c) "Fuerte" : 20 mg por gramo de talco.

Cuculiza (12) afirma que para la aplicación en forma líquida se emplean concentraciones desde 0,05 hasta 0,1%.

Las mezclas de reguladores dan mejores resultados que los productos simples. Al respecto, Primo y Cuñat (34) afirman que se pueden emplear con éxito las mezclas equimoleculares de ANA y AIB, pudiéndose agregar además 2,4,5-T.

En general, las plantas herbáceas y los esquejes tiernos de arbustos responden y solo necesitan dosis bajas. Las plantas medianamente lignificadas necesitan dosis medias, en tanto que las leñosas responden más difícilmente y requieren dosis fuertes (12, 30, 34).

Propagación de *Bixa orellana* L. por estacas

Muy escasos han sido los trabajos que hasta la fecha se han realizado con el propósito de propagar el achiote por estacas, debido, principalmente, a que esta especie se propaga bien por semillas (8, 9, 24, 29, 33, 35, 36, 40).

Morton (33) asegura que el achiote puede ser propagado utilizando estacas de madera dura colocadas directamente en el campo. Sánchez (40) dice que la propagación por estacas no es un método común ni popular, razón por la que no lo recomienda.

Singh *et.al.* (43) en Puerto Rico, trataron de propagar vegetativamente un pequeño número de selecciones de árboles individuales por estacas de tallo y acodos aéreos pero tuvieron muy poco éxito. Sin embargo, cuando para algunas selecciones utilizaron estacas de raíz, observaron que el 90% de ellas enraizaron y se desarrollaron normalmente.

Lizano (29) afirma que el achiote se puede propagar utilizando estacas de madera dura, y recomienda su enraizamiento en eras o en cajas de arena o de arena mezclada con tierra y colocadas a la sombra. Además, dice que el establecimiento de una plantación con árboles obtenidos por vía asexual asegura un mayor rendimiento y uniformidad en la maduración de la cosecha.

Rivera (36) asegura que la propagación del achiote se puede realizar por medio de estacas de madera dura, las cuales se pueden enraizar bajo sombra y en eras de arena o de arena mezclada con tierra.

Rivera de León (35) afirma que el método de propagación por estacas es muy usado, pero que por el alto costo de las instalaciones, el personal que se necesita, los cuidados y el control de las estacas, no es recomendable que el trabajo lo hagan los agricultores, siendo lo más conveniente que lo hagan las Estaciones Experimentales.

PARTE I. CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE LA COLECCION DE *Bixa orellana* L.

MATERIALES Y METODOS

Lugar de estudio

La caracterización de la colección de achiote se llevó a cabo en una sección de las colecciones vivas de la Unidad de Recursos Fitogenéticos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Turrialba, Costa Rica, en el período comprendido entre abril de 1982 y marzo de 1983. Geográficamente el Centro se encuentra ubicado a 9°53' de latitud N y 83°39' de longitud E. Su elevación es de 600 metros sobre el nivel del mar y su temperatura promedio anual es de 22,3°C. El sitio corresponde a la formación "bosque muy húmedo pre-montano", según la clasificación de formaciones vegetales de Holdridge (22). Las características químicas y físicas del suelo donde crece la colección se presentan en el Cuadro 1A. La precipitación, temperatura y humedad relativa durante el tiempo que duraron las observaciones se resumen en el Cuadro 2A.

Material experimental

Se estudiaron 81 plantas propagadas por semilla. Las semillas se introdujeron desde Honduras y Guatemala en setiembre de 1980. Las plantas se sembraron en el campo en enero de 1981 a una distancia de 3,5 m entre hileras y 3,5 m entre plantas. El total de plantas que componen la colección es de 135. Sin embargo, solo se estudiaron 81 de ellas porque las restantes no produjeron cápsulas o produjeron muy pocas, siendo estas insuficientes para realizar los análisis respectivos.

Cada introducción, que en la colección está representada por un mínimo de 2 plantas y un máximo de 6, constituye una familia, puesto que todos los individuos están relacionados entre sí por ser descendientes de un progenitor común. Las plantas nunca fueron podadas.

Durante el primer año de crecimiento de las plantas (la siembra se realizó en enero de 1981), cada planta recibió las dosis y los fertilizantes que a continuación se mencionan: 50 g de 10-30-10 colocados en el fondo del hoyo al momento de la siembra, 150 g de 10-30-10 en el mes de abril, 200 g de Sulfato de Amonio en agosto y 150 g de 10-30-10 en diciembre. En el segundo año de crecimiento (1982), cada planta se fertilizó con 200 g de 10-30-10 en el mes de abril, 300 g de Sulfato de Amonio en agosto y 200 g de 12-24-12 en diciembre.

La aspersión de fungicidas, insecticidas y herbicidas se realizó cada vez que hubo necesidad de hacerlo.

Medida de las plantas

Con una regla graduada en cm y, en ocasiones, de una escalera, se tomaron medidas de la altura y ancho de las plantas. Cada vez que se hizo una cosecha, las plantas experimentaron una reducción en su crecimiento, debiéndose esperar desde 4 hasta 6 semanas hasta la emisión de nuevos brotes para continuar con la toma de medidas.

Cosecha de las plantas

En cada cosecha se contó el número de panículas recolectadas así como el total de cápsulas producidas. De esta manera se obtuvo el número de

cápsulas por panícula producidas por planta. Estas características son muy importantes de tomar en cuenta puesto que, entre mayor sea el número de panículas y de cápsulas mayor será el rendimiento. Del total de cápsulas producidas en cada cosecha (algunas plantas se cosecharon solo una vez, en tanto que otras hasta 6 veces), se tomaron 25 cápsulas con el propósito de medir su largo, grosor, ancho, determinar el promedio de semillas por cápsula así como el peso seco de las semillas.

Antes de proceder a la cosecha de las cápsulas se registró su color de acuerdo con un estándar de colores elaborado por Kornerup y Wanscher (27), el grado de espinosidad presentado, la dehiscencia, la longitud de las espinas y el grado de visibilidad de las panículas.

Caracterización de enfermedades y plagas

Se realizaron 3 caracterizaciones en relación con enfermedades y plagas. La primera de ellas en abril de 1982, la segunda en octubre del mismo año y la tercera en marzo de 1983. Se observó la intensidad del ataque producido por *Oidium bixae* V. en ramas jóvenes, hojas y frutos; *Corticium salmonicolor* Berk. et. Br. en el tallo y ramas viejas; *Cercospora bixae* A. et. N. en hojas; *Leptoglossus zonatus* D. y un lepidóptero aún no identificado en cápsulas. Las caracterizaciones se llevaron a cabo siguiendo las sugerencias suministradas por Seidewitz^{1/}.

^{1/} SEIDEWITZ, L. Caracterización de plagas y enfermedades de achiote. Turrialba, CATIE, 1982. Comunicación personal.

Metodología empleada en la caracterización

Con la lista de características Cuadros 2 y 3 y los instrumentos para medirlas (Cuadro 3A), se realizaron observaciones en el período comprendido entre abril de 1982 y marzo de 1983. Para la recolección de los datos se elaboró un formulario que facilitó su registro (Cuadro 4A).

Análisis de bixina y de aceite

Los análisis de bixina y de aceite se realizaron en los laboratorios del Centro de Investigación en Productos Naturales, CIPRONA, de la Universidad de Costa Rica. Para la determinación de la bixina se siguió el método propuesto por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (4).

Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron analizados en una computadora IBM 4331. Las relaciones entre pares de características cualitativas, y entre estas y algunas cuantitativas, se obtuvieron siguiendo el procedimiento que a continuación se describe:

a) <u>Espinosidad</u>	contra	<u>ataque de <i>Oidium</i> a la cápsula</u>
0 = sin espinas		0 = ausente
1 = muy bajo		1 = muy bajo
3 = bajo		3 = bajo
7 = alto		7 = alto
9 = muy alto		9 = muy alto

$$0 = 9+7+9+9+9+9+9+9+1+1+3+1+1+7 = 84/14 = 6$$

$$1 = 9+3+3+9+9+9+3+3+3+3 = 54/10 = 5,4$$

$$3 = 7+1+1+1+1+3+3+3+3+7+9+9+9+9+1+3 = 69/15 = 4,6$$

Cuadro 2. Lista de características utilizadas en la caracterización de 81 plantas de achiote procedentes de Honduras y Guatemala, 1983.

Identificación

- Número de introducción e identificación de la planta
- País de procedencia
- Localidad de procedencia
- Año de introducción

Planta

- Estado fisiológico
- Altura en cm
- Ancho en cm

Panículas

- Número total de panículas
- Panículas con solamente una cápsula
- Panículas con solamente 2 cápsulas
- Exposición de las panículas

Tallo

- Ataque de *Corticium salmonicolor*

Hojas

- Ataque de *Didium bixae*
- Ataque de *Cercospora bixae*

Flores

- Color de las flores (código)

Frutos (cápsulas)

- Total de frutos recolectados
- Número de frutos por panícula (promedio)
- Ataque de *Didium bixae*
- Ataque de *Leptoglossus zonatus*
- Ataque de lepidóptero no identificado

- Longitud del fruto en cm (promedio)
- Ancho del fruto en cm (promedio)
- Grosor del fruto en cm (promedio)
- Longitud de la parte más amplia del fruto en cm (promedio)
- Relación longitud parte más amplia del fruto/longitud del fruto
- Relación grosor del fruto/ancho del fruto
- Color del fruto (código)
- Espinosidad del fruto
- Longitud de las espinas
- Dehiscencia del fruto maduro
- Dehiscencia del fruto seco
- Forma del ápice del fruto
- Forma de la base del fruto

Semillas

- Número de semillas por fruto (promedio de 25 frutos)
- Rendimiento de semilla seca en kg por planta
- Peso seco en gramos de 100 semillas
- Porcentaje de bixina
- Porcentaje de aceite

Cuadro 3. Definición de las características de achiote y sus correspondientes grados de expresión. 1983.

Características generales

Número de introducción. Número consecutivo que se asigna a cada entrada y que debe servir como identificación única de cada una de ellas. Estos números son alfa-numéricos, puesto que se componen de la sigla CATIE y de un número consecutivo.

Identificación de la planta. Identificación que se da a cada planta para facilitar su estudio.

País de procedencia. Nombre del país de donde procede la introducción.

Localidad de procedencia. Nombre o descripción del lugar donde se recolectó el germoplasma.

Año de introducción. Año en el cual se introdujo el germoplasma al CATIE.

Características de la planta

Total de frutos recolectados. Es el número total de frutos recolectados por planta en un año.

Estado fisiológico. Se refiere al estado fisiológico de desarrollo en que se encuentra la planta al momento de realizar la caracterización. Se expresa de la siguiente manera:

3.0 = estado vegetativo

4.0 = estado generativo (formación de botones florales)

5.0 = estado de floración

- 5.5 = plena flor
- 5.7 = caída de pétalos
- 7.0 = estado de formación de cápsulas
- 7.3 = inicio del desarrollo de cápsulas
- 7.5 = cápsulas grandes, visibles pero inmaduras
- 9.0 = estado de madurez de cápsulas
- 9.5 = cápsulas completamente maduras
- 9.9 = cápsulas completamente secas

Altura de la planta. Es la altura de la planta medida en cm.

Ancho de la planta. Es el ancho de la planta medida en cm,

Características de la panícula

Número total de panículas. Se refiere al total de panículas recolectadas por planta y por año.

Panículas con solamente una cápsula. Es el número total de panículas recolectadas con solo una cápsula por planta y por año.

Panículas con solamente 2 cápsulas. Es el número total de panículas recolectadas con solo 2 cápsulas por planta y por año.

Visibilidad de las panículas. Es el grado de exposición que presentan las panículas en la planta y que se expresa así:

- 3 = bajo
- 5 = intermedio
- 7 = alto

Número de frutos por panícula (promedio). El total de frutos recolectados se divide entre el total de panículas para obtener el número promedio de frutos por panícula.

Características del tallo

Ataque de *Corticium salmonicolor*. Se expresa de acuerdo con la presencia o ausencia del hongo en el tallo de la siguiente manera:

- 0 = ausente
- 1 = muy bajo
- 3 = bajo
- 7 = alto
- 9 = muy alto

Características de la hoja

Ataque de *Oidium bixae*. Se expresa de acuerdo con su presencia o ausencia de la siguiente manera:

- 0 = ausente
- + = presente

Ataque de *Cercospora bixae*. Se expresa de acuerdo con su presencia o ausencia de la siguiente manera:

- 0 = ausente
- + = presente

Características del fruto (cápsula)

Ataque de *Oidium bixae* al fruto. Es la presencia del hongo en el fruto y que se expresa así:

- 0 = ausente
- + = presente

Ataque de *Leptoglossus zonatus* al fruto. Ataque al fruto por parte del insecto que se expresa así:

0 = ausente

+ = presente

Ataque de lepidóptero no identificado. Ataque al interior del fruto por parte de este insecto y que se expresa de la siguiente manera:

0 = ausente

+ = presente

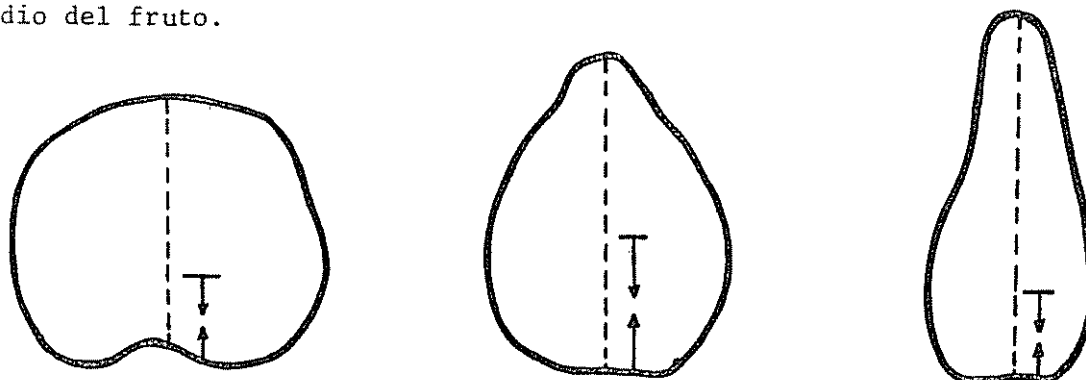
Longitud del fruto en cm (promedio). Se mide la longitud de 25 frutos maduros y se obtiene su promedio,

Ancho del fruto en cm (promedio). Se refiere al promedio de 25 frutos maduros a los cuales se les ha medido su ancho,

Grosor del fruto en cm (promedio). Representa el grosor promedio de 25 frutos maduros.

Longitud de la parte más amplia del fruto en cm (promedio). Longitud promedio de 25 frutos maduros medidos desde la base hasta la parte más amplia de ellos.

Relación longitud parte más amplia del fruto/longitud del fruto. La longitud promedio de la parte más amplia del fruto se divide entre la longitud promedio del fruto.



Relación grosor del fruto/ancho del fruto. El grosor promedio del fruto se divide entre el ancho promedio del fruto.

Color del fruto (código). Color del fruto maduro. Para su caracterización se usa un estándar de colores.

Espinosisidad del fruto. Se refiere a la presencia o ausencia de espinas en el fruto y se expresa de la siguiente manera:

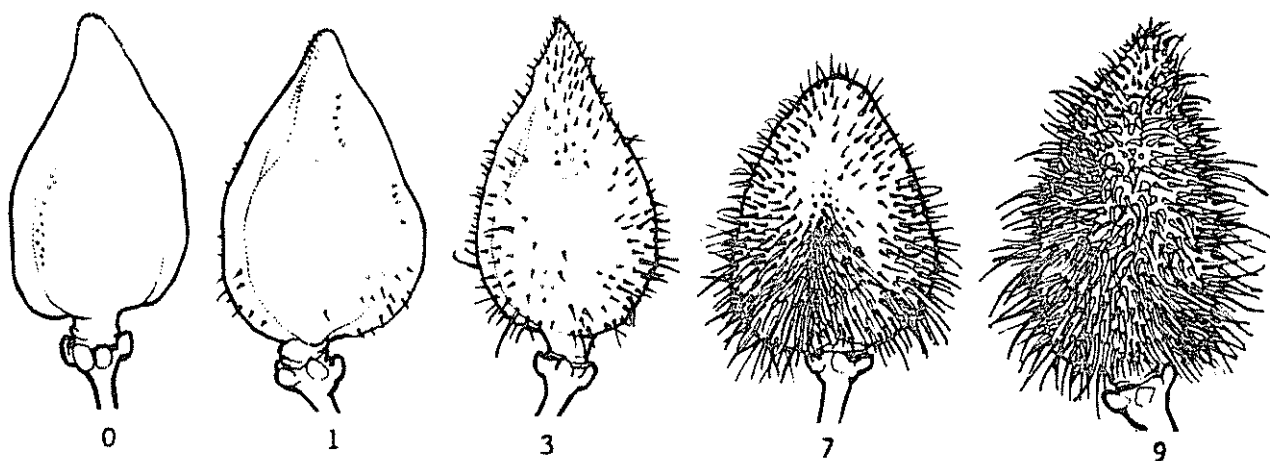
0 = sin espinas

1 = muy bajo

3 = bajo

7 = alto

9 = muy alto



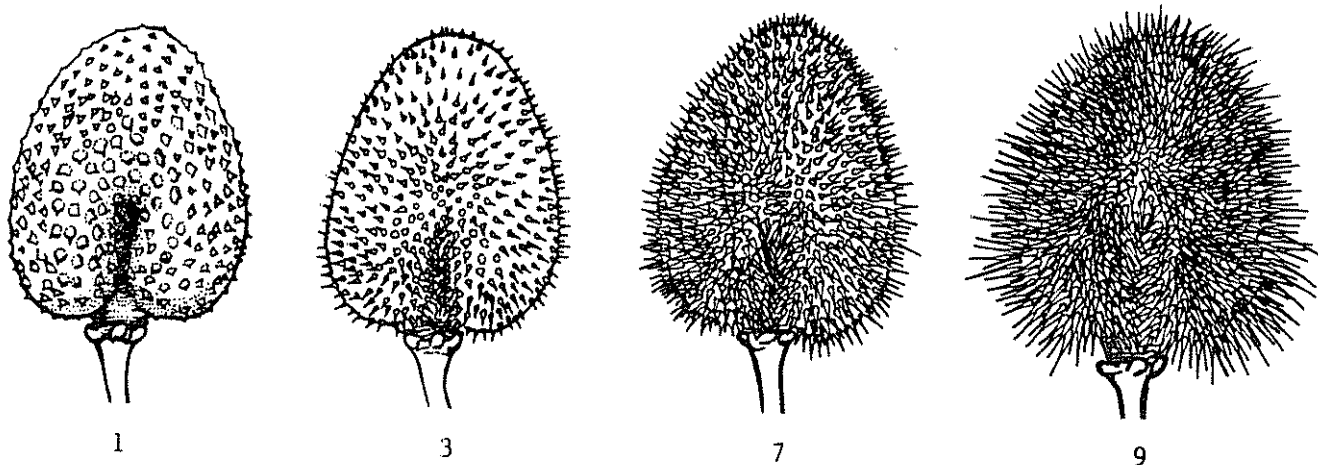
Longitud de las espinas. La longitud de las espinas que se presentan en el fruto se registra así:

1 = muy cortas

3 = cortas

7 = largas

9 = muy largas



Dehiscencia del fruto maduro, Apertura del fruto maduro en 2 valvas que se registra de la siguiente manera:

0 = Indehiscente

+ = Dehiscente

Dehiscencia del fruto seco, Apertura del fruto seco en 2 valvas que se registra así:

0 = Indehiscente

+ = Dehiscente

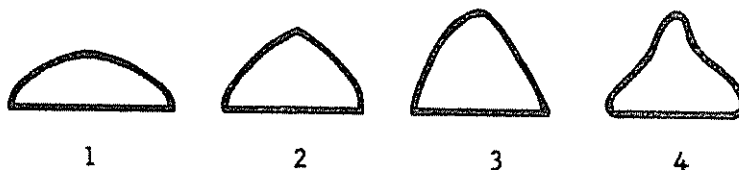
Forma del ápice del fruto. Código que describe la forma del ápice del fruto maduro expresado como sigue:

1 = redondeada

2 = obtusa

3 = aguda

4 = puntiaguda



Forma de la base del fruto. Código que describe la forma de la base del fruto maduro expresada como sigue:

1 = redondeada

2 = plana

3 = semi-ondulada



1



2



3

Rendimiento de semilla seca en kg por planta. El total de semillas producidas se secan hasta un 8% de humedad y se pesan.

Características de la semilla

Número de semillas por fruto. Se toman 25 frutos maduros a los cuales se les cuentan las semillas y luego se saca el promedio por fruto.

Peso seco en gramos de 100 semillas. Se toman 300 semillas secas, se pesan y luego se calcula el peso de 100 de ellas.

Porcentaje de bixina. Se mide en una muestra de 1 a 2 gramos de semilla seca y entera.

Porcentaje de aceife. Se mide en una muestra de 3 a 5 gramos de semilla seca.

Cuadro 4. Introducciones de achiote, por familias, utilizadas en la caracterización. 1983

Número introducción	Número identificación	Procedencia
10885	1	Playitas, Comayagua, Honduras
	2	" " "
	3	" " "
	4	" " "
	5	" " "
10922	1	San Jerónimo, Comayagua, Honduras
	2	" " "
	3	" " "
	4	" " "
	5	" " "
	6	" " "
11002	1	Zaragoza, Comayagua, Honduras
	3	" " "
	4	" " "
11180	1	Llano Verde, Zacapa, Honduras
	3	" " "
	4	" " "
11329	1	La Villa de San Antonio, Comayagua, Honduras
	2	" " "
	3	" " "
	4	" " "
	5	" " "
11395	2	San Pedro de los Angeles, Izabal, Guatemala
	3	" " "
	4	" " "
	5	" " "
	6	" " "

Cuadro 4. Continuación ...

Número introducción	Número identificación	Procedencia
11448	1	San Francisco de Flores, Petén, Guatemala
	2	" " "
	3	" " "
	4	" " "
11470	1	San Francisco de Flores, Petén, Guatemala
	2	" " "
	3	" " "
	4	" " "
	5	" " "
11521	1	Las Flores, Petén, Guatemala
	2	" " "
	3	" " "
11533	1	La Libertad de Flores, Petén, Guatemala
	2	" " "
11539	2	La Libertad de Flores, Petén, Guatemala
	3	" " "
11549	1	Km 56 subiendo a Flores, Petén, Guatemala
	2	" " "
	3	" " "
	4	" " "
	5	" " "
	6	" " "
11550	1	Km 56 subiendo a Flores, Petén, Guatemala
11570	1	San Juan de Dios, Petén, Guatemala
11571	1	San Juan de Dios, Petén, Guatemala
	4	" " "

Cuadro 4. Continuación...

Número introducción	Número identificación	Procedencia
11578	2	Santa Ana, Petén, Guatemala
11579	1	Santa Ana, Petén, Guatemala
	2	" " "
	3	" " "
	4	" " "
	5	" " "
11584	1	Purasila, Petén, Guatemala
	2	" " "
	3	" " "
	4	" " "
11624	2	El Nap, Petén, Guatemala
	3	" " "
	4	" " "
11628	1	El Chae, Petén, Guatemala
11629	2	El Chae, Petén, Guatemala
	4	" " "
	5	" " "
11630	1	El Chae, Petén, Guatemala
	2	" " "
	3	" " "
	4	" " "
	5	" " "
11646	1	Palencia, Guatemala
	2	" "
	3	" "
	4	" "
	5	" "
	6	" "

RESULTADOS Y DISCUSION

CARACTERIZACION MORFOLOGICA

Análisis del crecimiento de las plantas

De acuerdo con las mediciones semanales de altura y ancho realizadas durante el período de observación (que correspondió al segundo y parte del tercer año de crecimiento de las plantas), se pudo observar que la tendencia de la mayoría fue a crecer en anchura (Fig. 1A). Solamente las 5 plantas de la introducción 11395, crecieron más en altura que en anchura. En las plantas correspondientes a los números 11002 y 10885, el crecimiento en anchura fue muy similar que el registrado en altura, lo que hizo que las plantas presentaran una forma más o menos redondeada (Fig. 1).

Durante la época seca las plantas crecieron muy poco o no lo hicieron, observándose además que en este período la mayoría de los brotes apicales y las yemas laterales permanecieron latentes. En la época lluviosa se reinició el crecimiento de los brotes y yemas, registrándose en este período el mayor crecimiento.

El estudio del crecimiento es de mucho interés desde el punto de vista del manejo que se desee dar a las plantas. Así, conociendo la tendencia del crecimiento se pueden hacer recomendaciones acerca de las distancias de siembra óptimas para este cultivo, ya que en la actualidad no existe una recomendación confiable acerca de la distancia de siembra apropiada (8, 9, 24, 29, 35, 36, 40). Por supuesto que, antes de emitir una recomendación sobre la mejor distancia de siembra, es necesario efectuar estudios del crecimiento en las regiones o zonas a donde se quiere introducir el cultivo. También es necesario estudiar al comportamiento del achote en setos.

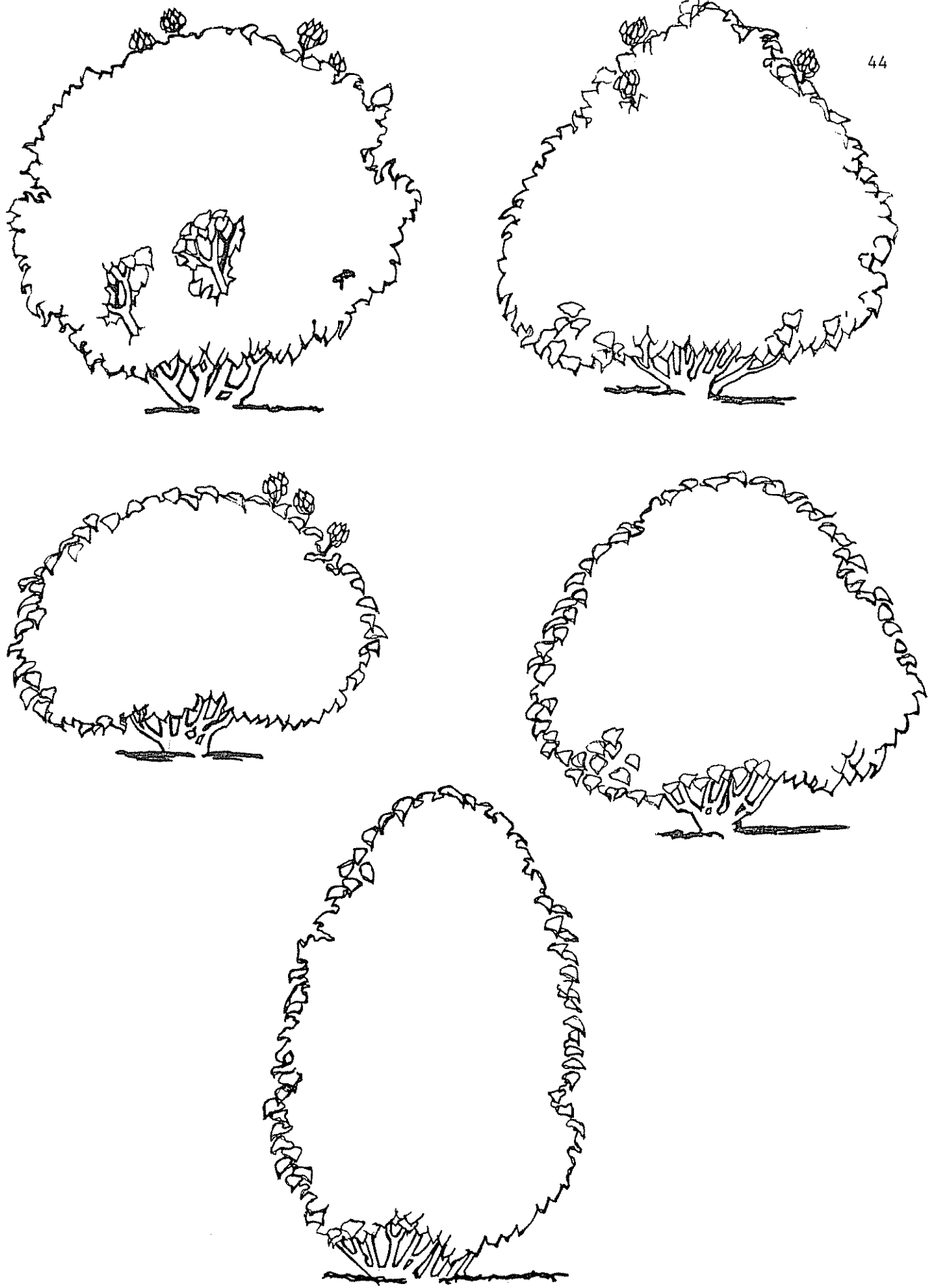


Fig. 1. Formas de crecimiento presentadas por las plantas estudiadas durante el período de observación. 1983.

Un aspecto importante a tomar en consideración consiste en que, si las plantas presentan la tendencia a crecer más hacia lo alto, la cosecha de las cápsulas se dificulta en grado sumo, mientras que si la tendencia es a crecer en anchura, la cosecha será más fácil de realizar,

Características cualitativas

En el Cuadro 5 se anotan las frecuencias y los porcentajes de las características cualitativas estudiadas. Se puede observar que *Corticium salmicolor* (la enfermedad más importante detectada en el tallo), se presentó únicamente en el 14% de las plantas observadas, en tanto que en la mayoría de ellas no se registró. De las 11 plantas atacadas, 5 de ellas presentaron un alto grado de ataque, mientras que en las restantes solo se registró un grado bajo (Cuadro 5A). Hasta el momento esta enfermedad no ha sido registrada como económicamente importante. Sin embargo, bajo las condiciones ecológicas imperantes en Turrialba durante el período de observación (Cuadro 2A), la enfermedad progresó rápidamente llegando a producir la muerte de 2 plantas. Esto sugirió que si la enfermedad no se combate eficientemente, podría llegar a constituirse en un serio problema para los agricultores. La exposición o grado de visibilidad que presentaron las panículas en la planta fue una característica importante de tomar en cuenta, especialmente al momento de la cosecha. Resulta más fácil y rápido cosechar una planta que presente un alto grado de visibilidad de sus panículas que otra en la que esta visibilidad sea baja (Fig. 2). Del total de plantas caracterizadas, el 73% presentaron un grado intermedio de visibilidad de sus panículas, en tanto que el 25% mostró un alto grado de exposición. Sólo el 2% de las plantas mostraron un grado

Cuadro 5. Distribución de frecuencias y porcentajes de las características cualitativas de 81 plantas de achiote procedentes de Honduras y Guatemala, 1983.

<u>Tallo</u>	Frecuencia	Porcentaje
<i>Corticium salmonicolor</i>		
0 = ausente	70	86,4
+ = presente	11	13,6
<u>Panículas</u>		
<u>Exposición</u>		
3 = baja	2	2,4
5 = intermedia	59	72,8
7 = alta	20	24,8
<u>Frutos</u>		
<i>Oidium bixae</i>		
0 = ausente	5	6,2
+ = presente	76	93,8
<i>Leptoglossus zonatus</i>		
0 = ausente	30	37,1
+ = presente	51	62,9
Lepidóptero (no identificado)		
0 = ausente	19	23,5
+ = presente	62	76,5
<u>Color*</u>		
1 = rojo	13	16,1
2 = café	23	28,4
3 = verde	39	48,1
4 = amarillo	6	7,4

* Los códigos de colores se reclasificaron en pocos grados.

Cuadro 5. Continuación...

	Frecuencia	Porcentaje
<u>Espinosidad</u>		
0 = sin espinas	8	9,9
1 = muy bajo	7	8,6
3 = bajo	12	14,8
7 = alto	17	21,0
9 = muy alto	37	45,7
<u>Longitud espinas</u>		
0 = glabro	8	9,9
1 = muy corto	15	18,5
3 = corto	7	8,5
7 = largo	16	19,8
9 = muy largo	35	43,3
<u>Dehiscencia fruto maduro</u>		
0 = indehiscente	81	100,00
+ = dehiscente	0	
<u>Dehiscencia fruto seco</u>		
0 = indehiscente	65	80,3
+ = dehiscente	16	19,7
<u>Forma ápice fruto</u>		
1 = redondeada	20	24,7
2 = obtusa	4	4,9
3 = aguda	5	6,2
4 = puntiaguda	52	64,2
<u>Forma base fruto</u>		
1 = redondeada	56	69,1
2 = plana	5	6,2

Cuadro 5. Continuación...

3 = semi-ondulada	20	24,7
<u>Forma de la cápsula</u>		
1 = ovoide	18	22,2
2 = hemisférica	24	29,6
3 = cónica	39	48,2
<u>Hojas</u>		
<i>Oidium bixae</i>		
0 = ausente	11	13,6
+ = presente	70	86,4
<i>Cercospora bixae</i>		
0 = ausente	40	49,4
+ = presente	41	50,6
<u>Ramas</u>		
<i>Oidium bixae</i>		
0 = ausente	7	8,6
+ = presente	74	91,4
<u>Flores</u>		
<u>Color</u>		
0 = blanco	28	34,6
1 = rosado	48	59,2
2 = violeta	5	6,2



Fig. 2. Grados de visibilidad de las panículas en las plantas:
3 = baja; 5 = intermedia; 7 = alta. 1983.

bajo (Cuadro 6A), lo que indica que esta característica se presenta en forma favorable en la mayoría de las plantas.

El ataque de *Oidium bixae* a los frutos ocurrió casi en forma generalizada, pues solo se constató su ausencia en el 6% de las plantas. Se pudo observar que cuando el patógeno atacó cápsulas muy jóvenes se produjo un retraso en el crecimiento de las mismas, y cuando atacó frutos desarrollados, a simple vista no ocurrió ningún daño.

Las plagas que mayor daño produjeron a las cápsulas fueron *Leptoglossus zonatus* y un lepidóptero cuyo género y especie no ha sido posible identificar hasta ahora. En relación con el primer insecto, el 63% de las plantas resultaron con sus cápsulas atacadas, en tanto que con el segundo, el 77% de las plantas resultaron con sus frutos dañados. El daño causado por *Leptoglossus* consiste en perforar una o más veces las cápsulas atacadas, permitiendo con esto la entrada de otros insectos y de hongos que provocan la descomposición de las semillas. La larva del lepidóptero es bastante móvil y ataca exclusivamente las semillas en el interior de la cápsula destruyéndolas en poco tiempo.

De acuerdo con el color, se identificaron frutos verdes, rojos, cafés y amarillos (Cuadro 9A). Según se muestra en el Cuadro 5, predominaron las cápsulas de color verde (48%), seguidas por las de color café y rojo. Las de color amarillo aparecieron con menor frecuencia (7%).

La espinosidad de las cápsulas y la longitud de las espinas son características muy importantes de tomar en cuenta principalmente al momento de efectuar la cosecha. Existen frutos que al secar endurecen a tal grado sus

espinas que la cosecha se dificulta en gran manera, inconveniente que no ofrecen aquellos frutos en los que no se presentan espinas. De las plantas evaluadas solamente en 8 de ellas los frutos no presentaron espinas (10 % de la población), mientras que la mayoría mostró una alta espinosidad y espinas largas. Sin embargo, se pudo constatar que la totalidad de las cápsulas con alto grado de espinosidad y espinas largas eran perfectamente manejables una vez secas.

Todas las plantas produjeron frutos que, una vez maduros, no presentaron dehiscencia (Cuadro 6A). La dehiscencia de frutos secos se presentó únicamente en el 16% de las plantas. Esta característica es sumamente importante desde el punto de vista del rendimiento (tanto de semilla como de colorante), ya que la cápsula al abrir sus valvas expone el colorante a la acción de la luz favoreciendo su descomposición y, además, el ataque de hongos y de insectos a las semillas.

En relación con la forma de las cápsulas se pudo comprobar que en las plantas evaluadas existían 3 formas bien definidas a saber: ovoide, hemisférica y cónica. La forma cónica fue la que predominó, pues se logró observar en el 48% de las plantas, en tanto que la ovoide solo se observó en el 22% de ellas.

El ataque a las hojas por parte de *Oidium bixae* y *Cercospora bixae* recibieron especial énfasis en la caracterización, por ser estos los patógenos que mayores daños causaron al follaje. Sin duda alguna la enfermedad producida por *Oidium* es la que reviste mayor trascendencia, ya que incluso puede llegar a provocar la muerte de la planta en ataques tempranos y severos (9, 29, 35, 36). Se pudo observar que el hongo ataca principalmente las

hojas tiernas, produciendo en ellas enrollamiento. El grado de ataque observado fue muy variado, pues algunas plantas presentaron un grado bajo en tanto que en otras fue alto (Cuadro 5). El 86% de las plantas fueron atacadas en su follaje por *Oidium* y solamente el 15% de ellas no sufrieron daño alguno. El daño causado por *Cercospora* solo se pudo observar en el 51% de la plantación evaluada, y su ataque se produjo en hojas viejas que tenían exceso de sombra.

En las ramas tiernas de la mayoría de las plantas (91%) se observó la presencia de *Oidium*, y se pudo constatar la muerte de muchas de ellas cuando el ataque fue severo. Solamente en muy pocas plantas (7%) no se observó ataque alguno. Es interesante anotar que en algunos casos se observó la presencia de este hongo en las ramas tiernas pero no en las cápsulas y viceversa. Sin embargo, este es un detalle que merece ser estudiado más detenidamente antes de llegar a alguna conclusión certera.

Las flores predominantes fueron las rosadas, puesto que se observaron en el 59% de la población. Las menos predominantes fueron las violeta (7%), en tanto que las blancas fueron registradas en el 35% de las plantas.

Relaciones entre características cualitativas y cuantitativas

En el Cuadro 6 se anotan las relaciones entre características no paramétricas que se han considerado de mayor interés. Como se puede observar entre la espinosidad y el número de semillas por cápsula existió una relación directa, ya que entre mayor fue la espinosidad tanto mayor fue el número de semillas producidas. Entre la espinosidad y el ataque de *Oidium* a la cápsula se dio una relación inversa, puesto que entre más alta fue la espinosidad el

Cuadro 6. Algunas relaciones entre características cualitativas y cuantitativas. 1983.

Espinosidad	Semillas/cápsula	Espinosidad	Ataque <i>Oxidium</i> a cápsula	Espinosidad	Ataque Lepidóptero a cápsula
0= sin espinas	25,8	0= sin espinas	6,0	0= sin espinas	0,4
1= muy bajo	31,4	1= muy bajo	5,4	1= muy bajo	0,4
3= bajo	29,7	3= bajo	4,6	3= bajo	1,8
7= alto	36,4	7= alto	3,6	7= alto	0,7
9= muy alto	33,0	9= muy alto	4,5	9= muy alto	1,0
Espinosidad	Ataque <i>Leptoglossus</i> a cápsula	Color cápsula	Ataque <i>Oxidium</i>	Color cápsula	Color flor
0= sin espinas	0	1= rojo	6,0	1= rojo	1,0
1= muy bajo	0,3	2= café	5,9	2= café	1,2
3= bajo	0,6	3= verde	2,9	3= verde	0,4
7= alto	0,5	4= amarillo	2,0	4= amarillo	1,0
9= muy alto	0,7				
Color cápsula	Ataque <i>Leptoglossus</i> a cápsula	Color cápsula	Ataque Lepidóptero a cápsula	Color cápsula	Espinosidad cápsula
1= rojo	0,05	1= rojo	0,6	1= rojo	2,7
2= café	0,5	2= café	0,8	2= café	5,7
3= verde	0,8	3= verde	0,8	3= verde	6,9
4= amarillo	0	4= amarillo	0	4= amarillo	1,0
Color cápsula	Semillas/cápsula	Color cápsula	Contenido bi- xina	Color cápsula	Contenido aceite
1= rojo	31,0	1= rojo	3,9	1= rojo	6,1
2= café	31,3	2= café	3,6	2= café	6,8
3= verde	31,4	3= verde	3,2	3= verde	6,1
4= amarillo	31,2	4= amarillo	4,4	4= amarillo	6,4

Cuadro 6. Continuación...

Forma cápsula	Espinosidad cápsula	Forma cápsula	Semillas/ cápsula	Forma cápsula	Contenido bixina
1= ovoide	3,0	1= ovoide	28,8	1= ovoide	3,8
2= hemisférica	6,4	2= hemisférica	31,5	2= hemisférica	2,9
3= cónica	6,5	3= cónica	33,0	3= cónica	3,8
Forma cápsula	Contenido aceite	Color flor	Semillas/ cápsula	Color flor	Espinosidad cápsula
1= ovoide	6,0	0= blanco	31,3	0= blanco	7,5
2= hemisférica	5,6	1= rosado	30,9	1= rosado	4,5
3= cónica	6,7	2= violeta	38,5	2= violeta	6,2
Color flor	Contenido bixina	Color flor	Contenido aceite	Color flor	Forma cápsula
0= blanco	3,1	0= blanco	6,2	0= blanco	2,3
1= rosado	3,7	1= rosado	6,1	1= rosado	1,8
2= violeta	3,8	2= violeta	8,5	2= violeta	2,6

ataque fue menor. Al relacionar la espinosidad que presentaron las cápsulas con el ataque del lepidóptero (larva aún no identificada) y de *Leptoglossus zonatus*, se observó que al aumentar la espinosidad se produjo el ataque de ambos insectos. Esto podría sugerir que en un programa de mejoramiento genético de achote que busque incorporar resistencia a estas plagas, se utilicen plantas que produzcan cápsulas con muy pocas espinas o sin ellas.

Cuando se relacionó el color de la cápsula con la presencia de *Oidium*, se pudo ver que las cápsulas rojas y cafés fueron mayormente afectadas, mientras que aquellas de color verde y amarillo lo fueron muy poco.

El ataque de *Leptoglossus* se produjo principalmente a cápsulas de color verde y café, mientras que a las de color rojo y amarillo casi no las afectó. Sin embargo, el ataque del lepidóptero se produjo en todas las cápsulas excepto en las de color amarillo.

En relación con el color de las cápsulas y de las flores se pudo observar que, cuando las primeras eran amarillas o rojas, las segundas eran siempre rosadas. Cuando la cápsula presentó color verde, la flor predominante era blanca o rosado pálido, mientras que si la cápsula era café, el color predominante de la flor era rosado y, en pocos casos, violeta. En las cápsulas verdes y cafés se detectó la mayor cantidad de espinas; las de color rojo presentaron baja espinosidad y las amarillas generalmente eran glabras. La mayoría de las cápsulas produjeron, en promedio, igual número de semillas.

Cuando se analizaron los contenidos de bixina y de aceite presentes en las semillas de las diferentes plantas, se encontró que las cápsulas de color amarillo eran las que presentaban mayor cantidad de bixina y las de color café

mayor contenido de aceite. Las que presentaron menores contenidos de bixina y de aceite fueron las verdes y rojas respectivamente.

Al relacionar la forma de las cápsulas con otras características, se observó que las cónicas presentaron el grado más alto de espinosidad, el mayor número de semillas por cápsula y los mayores contenidos de bixina y de aceite. Las ovoides presentaron el menor grado de espinosidad y de semillas por cápsula, pero un alto contenido de bixina y de aceite. Las hemisféricas mostraron una alta espinosidad y un buen número de semillas por cápsula, pero bajos contenidos de bixina y de aceite.

El color de la flor es una buena característica que puede contribuir a la identificación y posterior selección de genotipos en una población. Así, en la plantación estudiada se encontró que las plantas con flores de color violeta produjeron cápsulas cónicas con un buen número de semillas y una alta espinosidad. Además, las semillas de estas cápsulas presentaron los mayores porcentajes de bixina y de aceite. En la mayoría de las plantas con flores rosadas se observaron frutos ovoides, buen número de semillas, baja espinosidad y buenos porcentajes de aceite y bixina. En aquellas plantas que presentaron flores blancas la forma de sus frutos fue hemisférica o cónica, hubo un buen número de semillas por cápsula, una alta espinosidad, el menor porcentaje de bixina pero un buen porcentaje de aceite.

Características cuantitativas

En el Cuadro 7 se presenta la distribución de frecuencias y porcentajes correspondientes de las características cuantitativas estudiadas y de algunas relaciones de interés. Se puede observar que la mayoría de las plantas (68%)

Cuadro 7. Distribución de frecuencias y porcentajes de las características cuantitativas de 81 plantas de achiote procedentes de Honduras y Guatemala*. 1983.

<u>Panículas</u>	<u>Frecuencia</u>	<u>Porcentaje</u>
<u>Número de panículas por planta</u>		
< 100	14	17, 3
101 - 200	19	23, 5
201 - 300	22	27, 2
301 - 400	7	8, 6
401 - 500	7	8, 6
501 - 600	5	6, 2
601 - 700	1	1, 2
701 - 800	4	4, 9
> 800	1	2, 5
<u>Frutos</u>		
<u>Número de frutos por planta</u>		
< 500	16	19, 8
501 - 1000	13	16, 0
1001 - 1500	11	13, 6
1501 - 2000	14	17, 3
2001 - 2500	10	12, 3
2501 - 3000	7	8, 6
3001 - 3500	2	2, 5
3501 - 4000	3	3, 7
4001 - 4500	3	3, 7
> 4500	2	2, 5
<u>Número de frutos por panícula</u>		
< 3	15	18, 6
3 - 5	26	32, 1
6 - 8	12	14, 8
9 - 11	13	16, 0
12 - 14	6	7, 4
15 - 17	7	8, 6
> 17	2	2, 5

* Las clases se agruparon en forma arbitraria.

Cuadro 7. Continuación...

<u>Longitud del fruto en cm</u> (promedio)	<u>Frecuencia</u>	<u>Porcentaje</u>
2,0 - 2,5	6	7,4
2,6 - 3,0	16	19,8
3,1 - 3,5	14	17,3
3,6 - 4,0	11	13,6
4,1 - 4,5	12	14,8
4,6 - 5,0	3	3,7
5,1 - 5,5	7	8,6
5,6 - 6,0	11	13,6
> 6,0	1	1,2
<u>Ancho del fruto en cm</u> (promedio)		
< 2,0	10	12,3
2,1 - 2,5	23	28,4
2,6 - 3,0	18	22,3
3,1 - 3,5	20	24,7
> 3,5	10	12,3
<u>Grosor del fruto en cm</u> (promedio)		
< 1,5	3	3,7
1,5 - 2,0	40	49,4
2,1 - 2,5	27	33,3
2,6 - 3,0	11	13,6
<u>Longitud de la parte más amplia del fruto en cm (promedio)</u>		
0,5 - 1,0	16	19,7
1,1 - 1,5	28	34,6
1,6 - 2,0	16	19,7
2,1 - 2,5	16	19,7
> 2,5	5	6,3
<u>Relación longitud parte más amplia del fruto/longitud del fruto</u>		
< 0,25	2	2,5
0,25 - 0,30	12	14,8
0,31 - 0,35	14	17,3
0,36 - 0,40	16	19,8
0,41 - 0,45	10	12,3
0,46 - 0,50	14	17,3
0,51 - 0,55	6	7,4
> 0,55	7	8,6

Cuadro 7. Continuación...

<u>Relación grosor del fruto/ancho del fruto</u>	Frecuencia	Porcentaje
< 0,55	3	3,7
0,55 - 0,60	1	1,3
0,61 - 0,65	9	11,1
0,66 - 0,70	13	16,0
0,71 - 0,75	21	25,9
0,76 - 0,80	12	14,8
0,81 - 0,85	15	18,6
> 0,85	7	8,6
<u>Rendimiento de semilla seca en kg/planta</u>		
< 0,5	30	37,0
0,5 - 1,0	19	23,5
1,1 - 1,5	18	22,2
1,6 - 2,0	5	6,2
2,1 - 2,5	4	4,9
2,6 - 3,0	3	3,7
> 3,0	2	2,5
<u>Semillas</u>		
<u>Número de semillas por fruto</u>		
< 20	1	1,2
20 - 25	5	6,2
26 - 30	18	22,2
31 - 35	35	43,2
36 - 40	14	17,3
41 - 45	4	4,9
46 - 50	3	3,7
> 50	1	1,3
<u>Peso seco en gramos de 100 semillas</u>		
< 1,0	3	3,7
1,0 - 1,5	32	39,5
1,6 - 2,0	37	45,7
2,1 - 2,5	6	7,4
2,6 - 3,0	2	2,5
> 3,0	1	1,2
<u>Porcentaje de bixina</u>		
< 2,0	2	2,5
2,0 - 2,5	11	13,6
2,6 - 3,0	17	21,0
3,1 - 3,5	19	23,5

Cuadro 7. Continuación ...

<u>Porcentaje de bixina</u>	Frecuencia	Porcentaje
3,6 - 4,0	7	8,6
4,1 - 4,5	15	18,5
4,6 - 5,0	3	3,7
5,1 - 5,5	5	6,2
> 5,5	2	2,4
 <u>Porcentaje de aceite</u>		
< 3,0	1	1,2
3,0 - 4,0	7	8,6
4,1 - 5,0	18	22,2
5,1 - 6,0	10	12,3
6,1 - 7,0	16	19,7
7,1 - 8,0	18	22,2
8,1 - 9,0	5	6,2
9,1 - 10,0	4	4,9
> 10,0	2	4,2
 <u>Relación porcentaje bixina/ semillas por cápsula</u>		
< 0,05	1	1,2
0,00 - 0,10	38	46,9
0,11 - 0,15	34	42,0
0,16 - 0,20	7	8,7
> 0,20	1	1,2
 <u>Relación porcentaje aceite/ semillas por cápsula</u>		
< 0,15	18	22,3
0,15 - 0,20	29	35,8
0,21 - 0,25	21	25,9
0,26 - 0,30	10	12,4
0,31 - 0,35	1	1,2
0,36 - 0,40	1	1,2
> 0,40	1	1,2
 <u>Relación porcentaje bixina/ porcentaje aceite</u>		
< 0,30	3	3,7
0,30 - 0,40	8	9,9
0,41 - 0,50	22	27,2
0,51 - 0,60	15	18,5
0,61 - 0,70	14	17,3

Cuadro 7. Continuación...

<u>Relación porcentaje bixina/ porcentaje aceite</u>	Frecuencia	Porcentaje
0,71 - 0,80	7	
0,81 - 0,90	7	8,6
0,91 - 1,0	3	8,5
> 1,0	2	3,7
		2,5
<u>Relación longitud cápsula/ número semillas por cápsula</u>		
0,05 - 0,10	31	38,3
0,11 - 0,15	38	46,9
0,16 - 0,20	11	13,6
> 0,20	1	1,2

produjeron menos de 300 panículas, en tanto que las restantes más de esta cantidad (32%).

El número de panículas que produzca una planta es una característica muy importante, ya que entre mayor sea este número mayor será el rendimiento. Sin embargo, tan importante es la cantidad de panículas producidas como el número de cápsulas por panícula, puesto que se puede dar el caso de plantas que produzcan muchas panículas con pocos frutos, o de pocas panículas con muchos frutos. Lo deseable sería encontrar plantas que produzcan muchas panículas y muchas cápsulas. En la plantación estudiada se pudo observar que la mayoría de las plantas produjeron panículas con un promedio de 11 cápsulas. Solamente pocas plantas produjeron panículas con más de 12 cápsulas (18%).

La característica longitud del fruto es sumamente variable en la plantación estudiada, pues se encontraron frutos que en promedio midieron desde 2 hasta 6 cm o más. En relación con el ancho y el grosor del fruto se encontró

que también son características variables, pues en el primer caso las dimensiones oscilaron entre menos de 2 y más de 3,5 cm, en tanto que en el segundo caso entre menos de 1,5 y 3 cm.

El rendimiento es una característica altamente variable pues se encontró que el 37% de las plantas produjeron individualmente menos de 0,5 kg de semilla seca, el 24% entre 0,5 y 1,0 kg en tanto que el 22% entre 1,1 y 1,5 kg. Solamente el 17% de las plantas mostraron un rendimiento superior a 1,5 kg por planta de semilla seca.

El número de semillas por fruto varió considerablemente entre la plantación, pues existió un rango desde 16 hasta 52 semillas por fruto (Cuadro 7A). Sin embargo, la mayoría de las plantas produjeron entre 26 y 40 semillas por fruto (83%). La característica semillas por fruto es muy importante desde el punto de vista del rendimiento, pues entre mayor sea el número de semillas producido tanto mayor será el rendimiento.

Se encontró que el peso seco de 100 semillas varió poco de planta a planta, pues el 85% de las plantas mostró pesos para esta característica que oscilaron entre 1 y 2 gramos. Esto significa que el tamaño de las semillas es muy similar en la mayoría de las plantas.

El componente más importante de las semillas lo constituye la bixina, pues entre mayor sea su contenido mayor es el precio al que se cotiza en el mercado. Actualmente en los mercados internacionales se consideran aceptables solamente aquellas muestras que contengan más de 2,5% de materia colorante. En las plantas estudiadas se observaron valores en el contenido de bixina que oscilaron entre 1,6 y 5,8% (Cuadro 8A). Solamente 13 plantas produjeron menos de 2,5% de colorante.

Los porcentajes de aceite de las semillas variaron desde 2,3 hasta 13,6 (Cuadro 8A), observándose que la mayoría de las plantas produjeron semillas cuyos contenidos de aceite oscilaron entre 4,1 y 8%. La importancia del aceite estriba en que contiene provitamina A la cual puede ser incorporada a muchos productos alimenticios tales como margarinas, quesos y mantequillas. Sin embargo, actualmente se sabe poco acerca de sus propiedades y utilización, razón por la cual es urgente realizar estudios a fin de aprovechar al máximo este importante componente de las semillas.

Relaciones entre las características

En el Cuadro 8 se muestran las correlaciones entre pares de características basadas en los promedios de las 81 plantas estudiadas. Se puede observar que entre la longitud y el ancho del fruto se presentó una correlación negativa de $-0,27$, lo que indicó que entre mayor fue la longitud del fruto menor fue su ancho y viceversa. Entre la longitud del fruto y los contenidos de bixina y de aceite se presentaron correlaciones positivas de $0,50$ y $0,47$ respectivamente. Así, conforme aumentó la longitud del fruto aumentaron también los contenidos de bixina y de aceite.

Generalmente existe la tendencia a asociar el tamaño de la cápsula con el número de semillas que esta puede contener, Se cree que entre mayor sea el tamaño de la cápsula mayor es el número de semillas, De acuerdo con los resultados obtenidos y registrados en el Cuadro 8, se puede observar que existe una correlación significativa entre la longitud del fruto y el número de semillas.

Cuadro 8. Coeficientes de correlación significativos y no significativos al 1 % entre pares de características, basados en el promedio estandarizado de 81 plantas de achiote*, 1983.

Pares de características		Correlaciones	
		Positivas	Negativas
1.	Longitud fruto	- ancho fruto	-0,27
2.	"	- grosor fruto	-0,19
3.	"	- longitud p+a fruto	0,65
4.	"	- ataque <i>Leptoglossus</i> fruto	-0,34
5.	"	- ataque lepidóptero fruto	-0,26
6.	"	- longitud espinas	-0,38
7.	"	- contenido bixina	0,50
8.	"	- contenido aceite	0,47
9.	"	- semillas por fruto	0,36
10.	Ancho fruto	- grosor fruto	0,58
11.	"	- ataque <i>Leptoglossus</i> fruto	0,47
12.	"	- ataque lepidóptero fruto	0,32
13.	"	- espinosidad fruto	0,43
14.	"	- longitud espinas	0,70
15.	"	- contenido bixina	-0,30
16.	"	- contenido aceite	-0,11
17.	"	- semillas por fruto	0,14
18.	Grosor fruto	- ataque <i>Leptoglossus</i> fruto	0,38
19.	"	- ataque lepidóptero fruto	0,28
20.	"	- espinosidad fruto	0,38
21.	"	- longitud espinas	0,52
22.	"	- semillas por fruto	0,19
23.	Grosor fruto	- contenido bixina	-0,17
24.	"	- contenido aceite	Ns
25.	Ataque <i>Oidium</i> ramas	- ataque <i>Oidium</i> hojas	0,57
26.	"	- ataque <i>Oidium</i> frutos	0,34
27.	Ataque <i>Oidium</i> hojas	- rendimiento (kg/pl) sem. seca	-0,39
28.	Ataque <i>Oidium</i> fruto	- espinosidad fruto	-0,25
29.	"	- longitud espinas	-0,19
30.	Ataque <i>Leptoglossus</i> fruto	- ataque lepidóptero fruto	0,69
31.	"	- espinosidad fruto	0,45
32.	"	- longitud espinas	0,58
33.	"	- exposición panículas	-0,28
34.	Ataque lepidóptero fruto	- espinosidad fruto	0,49
35.	"	- longitud espinas	0,34
36.	"	- exposición panículas	-0,23
37.	Exposición panículas	- ataque <i>Oidium</i> fruto	-0,12
38.	Espinosidad fruto	- longitud espinas	0,67

* Coeficiente de correlación = $r = 0,283$.

Cuadro 8. Continuación...

Pares de características		Correlaciones	
		Positivas	Negativas
39.	Espinosidad fruto - contenido bixina		-0,11
40.	" - contenido aceite	0,29	
41.	Longitud espinas fruto - contenido bixina		-0,41
42.	" - contenido aceite		Ns
43.	Frutos por planta - exposición panículas		-0,17
44.	Semillas por fruto - espinosidad fruto	0,36	
45.	" - longitud espinas	0,30	
46.	Rendimiento semilla seca (kg/pl) - longitud fruto	0,36	
47.	" - espinosidad fruto	0,25	
48.	" - ataque <i>Cercospora</i> hojas		-0,21
49.	" - ataque <i>Oidium</i> frutos		Ns
50.	" - panículas por planta	0,69	
51.	" - frutos por planta	0,90	
52.	" - semillas por fruto	0,59	
53.	Panículas por planta - frutos por planta	0,68	
54.	" - frutos por panícula		-0,35
55.	Contenido bixina - contenido aceite	0,42	
56.	" - semillas por fruto	0,17	
57.	Contenido aceite - semillas por fruto	0,51	

Se encontró una correlación negativa de $-0,19$ entre la longitud y el grosor del fruto. Entre el ancho y el grosor del fruto se presentó una correlación positiva de $0,58$, lo que indica que conforme aumentó el ancho del fruto su grosor también aumentó. Se encontró además que, conforme aumentó el ancho del fruto disminuyeron los contenidos de bixina y de aceite. Los resultados obtenidos indican que conforme aumentaron el ancho y el grosor del fruto, la espinosidad, así como la longitud de las espinas también aumentaron. Entre el grosor del fruto y el porcentaje de bixina se detectó una correlación negativa de $-0,17$, en tanto que entre el grosor y el porcentaje de aceite no se detectó correlación significativa alguna.

Entre el ataque de *Oidium bixae* a las ramas y el ataque de este mismo patógeno a las hojas y a los frutos, se encontraron correlaciones positivas de $0,57$ y $0,34$ respectivamente, y, conforme se esperaba, entre mayor fue el ataque de *Oidium* a las hojas el rendimiento de las plantas fue menor.

En la plantación estudiada se encontró una relación inversa entre el ataque de *Oidium* al fruto y su espinosidad. Así, bajo las condiciones ecológicas prevalecientes en Turrialba durante el período de observación, los frutos mayormente atacados por este hongo fueron aquellos que presentaron mayor cantidad de espinas.

Los insectos que más daños causaron a los frutos fueron *Leptoglossus zonatus* y un lepidóptero que hasta la fecha no ha sido identificado. Los datos del Cuadro 8 muestran correlaciones positivas entre el ataque de estos insectos al fruto. Esto significa que cuando uno atacó el otro también lo hizo. Posiblemente, el daño causado por *Leptoglossus* al perforar la cápsula constituyó la puerta de entrada para el lepidóptero. Sin embargo, este es un aspecto que hay que estudiar más detenidamente.

Entre la espinosidad del fruto y el porcentaje de bixina se observó una relación inversa, es decir, a mayor espinosidad menor contenido de bixina. Sin embargo, entre la espinosidad y el contenido de aceite se encontró una correlación de 0,39, indicando con esto que a mayor espinosidad mayor fue el contenido de aceite detectado,

El número de semillas por fruto es una característica importante especialmente desde el punto de vista del rendimiento. En las plantas estudiadas se encontró que existe una correlación de 0,36 entre esta característica y la espinosidad del fruto, lo que demostró que las cápsulas con mayor espinosidad presentaron mayor cantidad de semillas.

Al relacionar los contenidos de bixina y de aceite presentes en las semillas se pudo notar una relación directa entre ambas características, ya que al aumentar una también aumentó la otra. El número de semillas por fruto guardó una relación directa con los contenidos de bixina y de aceite, pues sus porcentajes aumentaron a medida que el número de semillas fue mayor.

En el Cuadro 9 se presentan los promedios de promedios, desviaciones estándar, coeficientes de variación, observaciones mínimas, máximas y el rango de 12 características cuantitativas observadas en las 81 plantas de achíote. Se puede notar que los coeficientes de variabilidad son altos, pues oscilan desde 18,6% en la característica "número de semillas por fruto" hasta 89,6% en el "rendimiento de semilla seca en kg por planta", siendo esta última la característica mayormente variable de todas las estudiadas. Estos coeficientes muestran la alta variabilidad genética encontrada en la plantación.

Cuadro 9. Promedios, desviaciones estándar, coeficientes de variación, observaciones mínima y máxima de 12 características cuantitativas estudiadas en 81 plantas de achote. 1983.

Características	Promedio	Desviación estándar	Coeficiente variación	Observación		Rango
				Mínima	Máxima	
1. Longitud del fruto en cm	4,3	1,3	30,2	1,5	8,5	7,0
2. Ancho del fruto en cm	2,7	0,6	24,8	1,2	7,1	5,9
3. Grosor del fruto en cm	2,0	0,4	22,5	0,5	9,7	9,2
4. Longitud pta fruto en cm	1,9	0,7	37,5	0,2	4,2	4,0
5. Porcentaje de bixina	3,6	1,0	27,8	1,6	5,8	4,2
6. Porcentaje de aceite	6,4	1,8	28,8	2,8	13,6	10,7
7. Panículas por planta	359,3	233,7	65,0	7,0	9,3	2,3
8. Frutos por planta	1857,7	1310,2	70,5	39,0	6769,0	6730,0
9. Frutos por panícula	6,0	3,8	64,2	1,8	20,2	18,4
10. Semillas por fruto	34,0	6,3	18,6	16,0	52,0	36,0
11. Peso seco en gramos de 100 semillas	1,6	0,4	26,0	0,5	5,2	4,7
12. Rendimiento de semilla seca en kg por planta	1,1	1,0	89,6	0,01	6,0	5,99

Los valores promedios de las observaciones mínimas y máximas sugieren que, en las localidades de Honduras y Guatemala de donde proceden estos materiales, es poco probable encontrar mayor variabilidad genética, razón por la cual sería deseable realizar viajes de recolección de *Bixa* a otros lugares y países, a fin de aumentar la variabilidad hasta ahora existente en la colección estudiada.

De las características estudiadas el rendimiento fue el que presentó la mayor variabilidad, ya que el rango de producción osciló entre 0,01 y 5,99 kg de semilla seca por planta. Enríquez y Salazar (19), estudiando por dos años consecutivos esta misma característica en 208 plantas de achiote, mostraron que la variabilidad genética del rendimiento es muy alta, razón por la que sugirieron realizar estudios por períodos de 8 a 12 años para obtener datos confiables que permitan hacer selecciones basadas en criterios estadísticos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las siguientes son las conclusiones y recomendaciones más sobresalientes derivadas del estudio de 81 plantas de achiote realizado bajo las condiciones ecológicas imperantes en Turrialba durante el período comprendido entre abril de 1982 y marzo de 1983:

1. Durante el segundo año de crecimiento y parte del tercero, la tendencia de la mayoría de las plantas fue a crecer más hacia lo ancho que en altura. Los promedios de crecimiento en anchura variaron desde 42 hasta 113 cm, en tanto que los de la altura entre 34 y 136 cm.
2. El estudio del crecimiento es de sumo interés, pues permite hacer recomendaciones confiables acerca de las distancias de siembra. Sin embargo, antes de emitir cualquier recomendación valedera, es necesario realizar estudios del crecimiento, según la edad de las plantas, en diferentes regiones aptas para el cultivo.
3. Las enfermedades que mayormente afectaron a las plantas fueron *Oidium bixae* V. en ramas jóvenes, hojas y frutos; *Cercospora bixae* A. et. N. en hojas viejas y *Corticium salmonicolor* Berk. et. Br. en el tallo. De las tres enfermedades, la que mayor importancia económica parece tener es la primera. Es urgente emprender estudios que permitan no solo cuantificar las pérdidas causadas por estos patógenos, sino identificar fuentes de resistencia que puedan ser combinadas con otras características deseables.
4. El rendimiento de las plantas presentó una gran variabilidad. Es necesario realizar estudios de esta característica por períodos más

prolongados (por lo menos 6 años), a fin de obtener datos consistentes que permitan hacer selecciones basadas en criterios estadísticos.

5. Es necesario estudiar la descendencia de las plantas seleccionadas a partir de este estudio, a fin de recomendar al agricultor semillas de árboles que presenten poca variabilidad en el rendimiento y resistencia o tolerancia a las enfermedades.
6. Los insectos que mayores daños causaron a los frutos fueron *Leptoglossus zonatus* D. y un lepidóptero aún no identificado. Es de suma importancia realizar estudios tendientes a cuantificar las pérdidas causadas por estas plagas y a encontrar métodos eficientes para su combate.
7. De acuerdo con el color se identificaron frutos verdes, rojos, cafés y amarillos, predominando los primeros y siendo menos predominantes los últimos. Además, se identificaron 3 formas básicas en los frutos: ovoide, hemisférica y cónica, siendo la forma cónica la que con mayor frecuencia se presentó.
8. El número de semillas por cápsula osciló entre 16 y 52, siendo su promedio de 34. Por ser este un componente muy importante del rendimiento, sería deseable investigar los factores genéticos y ambientales que lo determinan.
9. Un buen indicador del número de semillas que pueda contener una cápsula lo constituye el grado de espinosidad, pues se encontró que a mayor espinosidad mayor fue el número de semillas producidas.

10. Las cápsulas glabras o que presentaron menor cantidad de espinas fueron las más atacadas por *Oidium bixae*, pero a su vez, fueron las menos atacadas por *Leptoglossus zonatus* y por el lepidóptero no identificado.
11. Las cápsulas rojas y cafés fueron las más afectadas por *Oidium*, mientras que las de color café y verde las más atacadas por *Leptoglossus* y un lepidóptero no identificado. Por otra parte, las cápsulas verdes y cafés presentaron la mayor espinosidad, las amarillas los mayores porcentajes de bixina y las cafés los mayores porcentajes de aceite.
12. Las cápsulas de forma cónica presentaron la más alta espinosidad, el mayor número de semillas y los más altos contenidos de bixina y de aceite. La forma de la cápsula parece ser una buena característica para distinguir genotipos dentro de una plantación.
13. El color de la flor es quizás una de las características que con mayor certeza contribuye a diferenciar genotipos en una plantación. Así, se encontró que las flores de color violeta producen por lo general cápsulas con el mayor número de semillas, alta espinosidad, altos contenidos de bixina y de aceite y formas entre cónicas y hemisféricas.
14. El componente más importante de las semillas lo constituye la bixina, cuyos porcentajes en las plantas estudiadas oscilaron entre 1,6 y 5,8. La mayoría de las plantas presentaron porcentajes de bixina superiores a 2,5 (porcentaje mínimo aceptable en los mercados internacionales). Solamente el 15% de las plantas presentaron porcentajes inferiores a 2,5% de colorante.

15. Los porcentajes de aceite oscilaron entre 2,3 y 13,6. Como este es un componente importante de las semillas que hasta la fecha ha sido poco aprovechado, es necesario realizar estudios sobre su calidad y utilización en productos alimenticios e industriales.
16. La longitud del fruto parece ser un buen indicador del contenido de bixina que presentan las semillas, pues se encontró una correlación positiva de 0,50 entre estas características.
17. Entre los contenidos de bixina y de aceite se detectó una relación directa, es decir, a medida que aumentó el contenido de bixina el de aceite también lo hizo y viceversa.
18. La variabilidad genética de las plantas estudiadas es muy alta. Sin embargo, como es poco probable encontrar más variabilidad en las localidades de Honduras y Guatemala de donde ellas proceden, se recomienda realizar viajes de recolección de *Bixa orellana* a otros lugares y países, a fin de aumentar la variabilidad hasta ahora existente en la colección estudiada.
19. Es necesario realizar estudios sobre la habilidad combinatoria de las plantas, a fin de poder suministrar semillas que produzcan descendencia homogénea y con características deseables.

PARTE II. PROPAGACION VEGETATIVA DE *Bixa orellana* L. UTILIZANDO ESTACAS

MATERIALES Y METODOS

Localización de los ensayos

Los trabajos experimentales se llevaron a cabo en una sección de las colecciones vivas de la Unidad de Recursos Fitogenéticos del CATIE, Turrialba, Costa Rica, en 4 diferentes ambientes a saber:

- Enraizadores de concreto contruidos dentro de un invernadero,
- Enraizadores cubiertos con polietileno transparente y "zarán" e instalados al aire libre bajo sombra,
- Cobertizos contruidos con diferentes materiales e instalados en distintos lugares de las colecciones,
- Al aire libre pero bajo sombra.

La finca donde se realizaron los ensayos tiene una altura promedio de 600 msnm, siendo la temperatura media anual del lugar 22,3°C y la precipitación promedio anual 2640,3 mm. Los datos climatológicos durante el tiempo que duraron los ensayos se presentan en el Cuadro 2A. Los ensayos se llevaron a cabo en el período comprendido entre agosto de 1982 y diciembre de 1983.

Material experimental

Se utilizaron 4 tipos de estacas a saber: basal, subapical, apical sin hojas ni brote, apical con hojas y con brote. Para la obtención de las estacas se tomaron ramas de aproximadamente 70 cm de largo (de las partes

media e inferior de las plantas), a las cuales se despojó de sus hojas y brotes. (Fig. 3). De cada rama se obtuvieron 3 estacas de aproximadamente 20 cm de largo y de diámetros variables. A las estacas apicales con brote se les dejó solamente 4 o 5 hojas a las cuales se les cortó las dos terceras partes de su lámina (Fig. 3A).

Todas las estacas fueron sembradas a una profundidad aproximada de 10cm.

Ensayos realizados

En total se realizaron 13 ensayos. Los 6 primeros se llevaron a cabo con el propósito de conocer algunos detalles sobre la propagación vegetativa por estacas de esta especie, ya que la información disponible es contradictoria (24, 29, 33, 35, 36, 43). Como los resultados obtenidos no permitieron llegar a conclusiones certeras, no se analizaron estadísticamente. Los restantes 7 ensayos permitieron efectuar los análisis estadísticos correspondientes y obtener conclusiones preliminares.

A continuación se describen los ensayos realizados.

1) Propagación en enraizadores de concreto usando dos hormonas

Se sembraron estacas basales, subapicales y apicales sin brote ni hojas a las que se les hizo un corte inclinado en ambos extremos y cerca de un nudo. Cada estaca se sembró ligeramente inclinada en una bolsa de polietileno. El medio de enraizamiento usado fue arena de río lavada con agua.

Los tratamientos utilizados fueron los siguientes:

- Phyomone (4800 ppm)
- Acido 3-Indolbutírico (4000 ppm)
- Testigo (sin hormona)

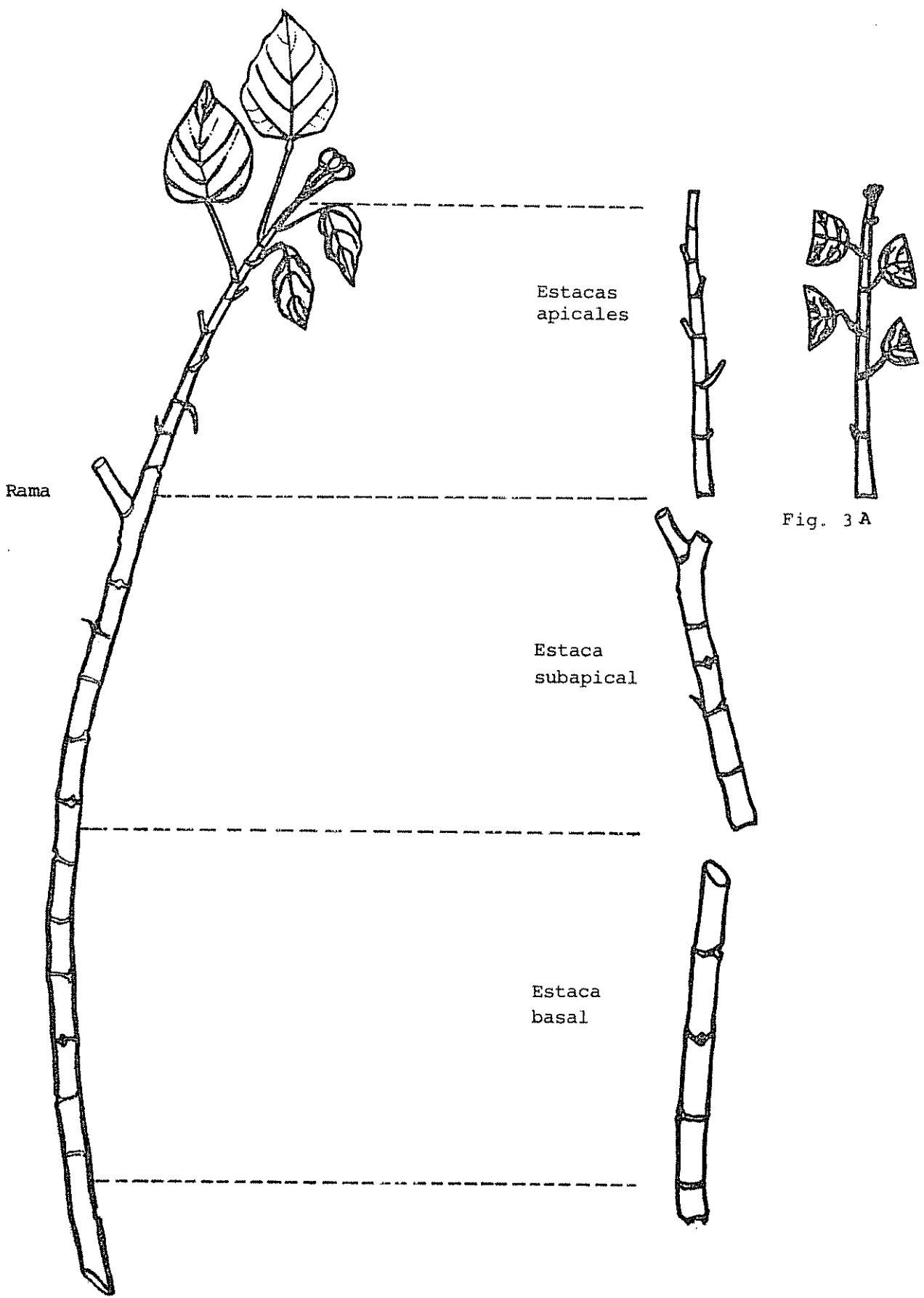


Fig. 3 . Estacas apicales, subapicales y basales utilizadas en la propagación vegetativa.

Para el tratamiento de las estacas con Phyomone se siguieron las recomendaciones del fabricante dadas para el caso de estacas de durazno (*Prunus persica* (L) Batsch.), tratamiento que consistió en sumergir la parte inferior en la solución hormonal por espacio de 18 horas. El ácido 3-Indolbutírico se adicionó utilizando talco como vehículo en mezcla homogénea.

Las estacas se colocaron en enraizadores de concreto cubiertos con una lámina de plástico transparente, a fin de permitir el paso de la luz y un constante flujo de agua para la refrigeración del ambiente. Durante el tiempo que duró el ensayo (38 días), en el interior de los enraizadores se mantuvo una humedad relativa entre 95 y 100% y una temperatura entre 23 y 33°C.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con submuestras y 4 repeticiones. Cada submuestra estuvo compuesta por 20 estacas, de tal manera que hubo un total de 180 por bloque y 720 en los 4 bloques. El número total de estacas apicales, subapicales y basales fue de 240. El diámetro promedio de las estacas basales fue de 13 mm, el de las subapicales de 9 mm y el de las apicales 6 mm. Las ramas, que se mezclaron entre sí antes de obtener las estacas correspondientes, procedían de 5 árboles en estado vegetativo. El ensayo se inició el 10 de agosto de 1982 y concluyó el 17 de setiembre del mismo año.

2) Propagación en un cobertizo y usando dos hormonas

Siguiendo la metodología empleada en el experimento anterior, se estableció otro ensayo similar con la única diferencia de que las estacas se pusieron en un cobertizo protegido con una lámina negra de polietileno.

El cobertizo tuvo las siguientes dimensiones: 7 m de largo, 2 m de

ancho y 1,90 m de alto, Las condiciones ambientales prevalecientes durante el tiempo que duró el ensayo se pueden ver en el Cuadro 2A.

Este experimento se inició el 16 de agosto de 1982 y concluyó 38 días después, o sea, el 23 de setiembre.

3) Propagación utilizando diferentes niveles de AIB

Se instaló otro ensayo siguiendo el procedimiento descrito a continuación:

a) Se cortaron ramas de 12 árboles que en ese momento se encontraban en estado de madurez de cápsulas, se mezclaron entre sí y obtuvieron las estacas basales, subapicales y apicales sin brote ni hojas. Una vez agrupadas las estacas, también se mezclaron.

b) El sustrato usado fue 1/3 de tierra y 2/3 de arena. En ambos extremos de la estaca se practicaron cortes inclinados. Cada estaca se sembró en bolsas individuales de polietileno y con ligera inclinación.

c) Los tratamientos usados fueron:

- 0 ppm de AIB (Testigo)
- 2000 ppm de AIB
- 4000 ppm de AIB
- 8000 ppm de AIB

d) La hormona se mezcló previamente con talco simple y se adicionó a las estacas en su parte inferior.

e) Se utilizó un diseño de bloques al azar con submuestras y 4 repeticiones. Hubo un total de 8 estacas por submuestra, 96 estacas por bloque y 384 en los 4 bloques. Las estacas se regaron dos veces por día durante el período que duró el ensayo.

f) Las estacas se sembraron en un cobertizo totalmente protegido con una tela de "nylon" negra (zarán), cuyas dimensiones fueron: 5 m de largo, 3,5 m de ancho y 1,8 m de alto.

g) El diámetro promedio de las estacas basales fue 12 mm el de las subapicales 9 mm y el de las apicales de 6 mm.

h) El ensayo se sembró el 20 de diciembre de 1982 y se evaluó el 27 de enero de 1983, 38 días después.

4) Propagación de estacas basales empleando diferentes cortes en los extremos y AIB

En esta oportunidad se emplearon solamente estacas basales procedentes de ramas de 4 árboles que se encontraban en estado de cápsulas secas y ubicadas en la finca experimental "La Montaña", Turrialba, propiedad del CATIE. Las estacas procedentes de cada árbol se identificaron y sembraron separadamente. Como medio de enraizamiento se usó arena de río lavada con agua. La hormona utilizada fue AIB en una concentración de 8000 ppm. A las estacas se les practicaron dos tipos de cortes en ambos extremos: recto e inclinado. La hormona se adicionó utilizando talco simple como vehículo. Las estacas se sembraron en bolsas individuales de polietileno, ligeramente inclinadas.

Se empleó un diseño de bloques al azar con submuestras y 4 repeticiones. Cada submuestra estuvo compuesta por seis estacas. Por bloque se sembraron 48 estacas y hubo un total de 192 en los 4 bloques. El experimento se realizó en un cobertizo con techo ligeramente transparente. Sus dimensiones fueron las siguientes: 6 m de largo, 3,5 m de ancho y 3,5 m de alto. Las estacas se regaron dos veces por día y su diámetro promedio fue de 13 mm.

El experimento se inició el 21 de marzo de 1983 y concluyó 38 días después, el 28 de abril.

5) Propagación de estacas basales con diferentes niveles de AIB

Para llevar a cabo este ensayo solo se utilizaron estacas basales cuyo diámetro promedio fue de 13 mm. El corte practicado en ambos extremos de las estacas fue inclinado. Los tratamientos fueron los siguientes:

- 0 ppm de AIB
- 2000 ppm de AIB
- 4000 ppm de AIB
- 8000 ppm de AIB

La edad estimada de las estacas fue de 10 a 14 meses, puesto que todas ellas procedían de 14 plantas que habían sido podadas el 23 de marzo del año anterior. Antes de ser sembradas en bolsas de polietileno, las estacas se mezclaron entre sí. El medio de enraizamiento usado fue arena de río lavada con agua. En cada bolsa se sembró una estaca con ligera inclinación. La hormona se adicionó usando talco simple como vehículo.

Se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. En cada tratamiento se colocaron 20 estacas, de tal manera que hubo un total de 80 estacas por bloque y 320 en los cuatro bloques.

El experimento se llevó a cabo en el cobertizo descrito para el ensayo anterior. Se inició el 31 de mayo de 1983 y concluyó el 8 de julio, 38 días después.

6) Propagación de estacas subapicales con diferentes niveles de AIB

Simultáneamente con el ensayo anterior se inició otro siguiendo la misma metodología. La única variante introducida fue que en vez de utilizar estacas basales se usaron subapicales. La edad estimada de las estacas fue de seis a nueve meses, puesto que todas ellas procedían de plantas que fueron podadas el 23 de marzo de 1982. El diámetro promedio de las estacas fue de 9 mm. El diseño empleado, los tratamientos, el medio de enraizamiento, el tipo de corte, la adición de la hormona, así como las fechas de siembra y evaluación, fueron iguales que para el caso anterior.

7) Propagación de estacas apicales en tres distintos ambientes y usando diferentes niveles de AIB

Para la realización de estos ensayos se siguió el procedimiento que a continuación se describe:

a) Se cortaron estacas apicales con brote y con hojas de las partes inferior y media de 18 plantas. Su diámetro promedio fue de 6 mm y se dejaron cuatro o cinco hojas a las que se cortaron las dos terceras partes de la lámina (Fig. 3A). Antes de ser sembradas, las estacas se mezclaron entre sí. Cada una de ellas se sembró ligeramente inclinada en una bolsa de polietileno. El medio de enraizamiento utilizado fue arena de río lavada con agua (para los ensayos ubicados en los diferentes enraizadores), mientras que para el ensayo ubicado bajo sombra de plantas de achote el medio de enraizamiento fue tierra.

b) Los tratamientos empleados fueron:

- 0 ppm de AIB
- 2000 ppm de AIB
- 4000 ppm de AIB
- 8000 ppm de AIB

La hormona se adicionó en forma líquida. Para su preparación, se disolvió primero en alcohol de 95 grados y luego se llevó a volumen con agua destilada. Las estacas se sumergieron en la solución por espacio de un minuto antes de ser sembradas.

c) Los ensayos se colocaron en los siguientes ambientes:

- Enraizadores de concreto instalados dentro de un invernadero.

En la parte superior estos enraizadores poseen una cubierta de polietileno transparente para permitir el paso de la luz y un flujo constante de agua (Fig. 4). Las estacas se regaron todos los días. La temperatura osciló entre 23 y 32°C, mientras que la humedad relativa entre 95 y 100%.

El ensayo se inició el 28 de setiembre de 1983 y se evaluó el 4 de noviembre, 37 días después.

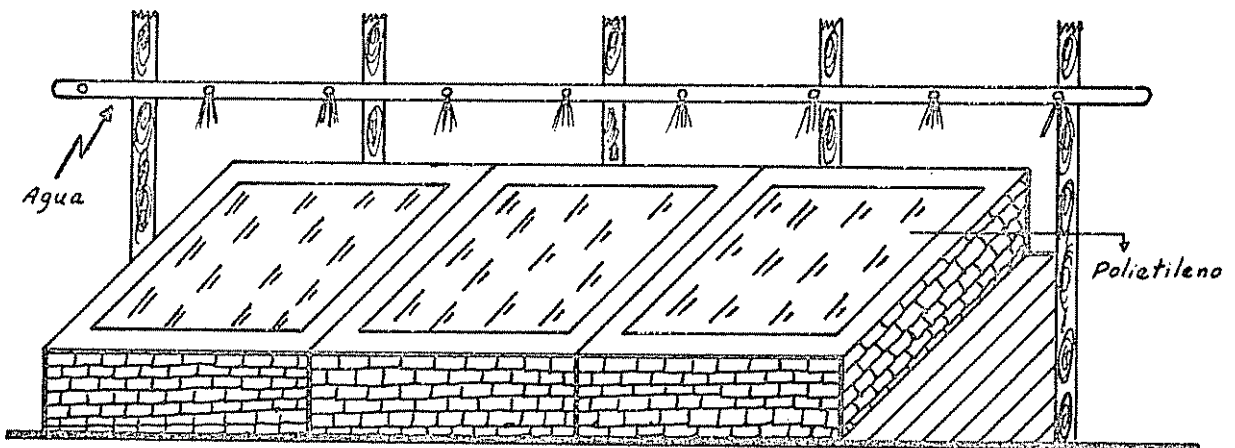


Fig. 4. Enraizadores de concreto utilizados en la propagación de estacas de achioté.

• Enraizador colocado al aire libre bajo sombra de árboles de cacao.

El modelo utilizado fue similar al sugerido por Enríquez (17) para el enraizamiento de estacas de cacao (*Theobroma cacao* L.) pero con modificaciones en su tamaño. Sus dimensiones fueron las siguientes: 3 m de largo, 1 m de alto y 1 m de ancho. Todos sus lados fueron cubiertos con una maya de "nylon" (zarán) para regular el paso de la luz. En estas condiciones, las estacas se regaron cada dos días durante los primeros 10 días y luego cada cinco días hasta la finalización del ensayo. La temperatura osciló entre 23 y 33°C, en tanto que la humedad relativa entre 95 y 100%. El ensayo se inició el 11 de octubre de 1983 y concluyó el 18 de noviembre del mismo año, 38 días después. El enraizador se instaló bajo condiciones no homogéneas de luz, debajo de árboles de cacao.

• Condiciones ambientales pero bajo sombra. Debajo de árboles de achote se sembró un ensayo directamente en la tierra. Los bloques tuvieron 2 m de largo y 1,2 m de ancho. Las estacas se regaron una vez todos los días, excepto cuando llovió. Las condiciones ambientales prevaletientes durante el tiempo que duró el ensayo se pueden observar en el Cuadro 2A. La fecha de siembra fue el 29 de setiembre de 1983 y su evaluación se realizó el 7 de noviembre del mismo año, 39 días después.

d) Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Hubo un total de 56 estacas por bloque (14 por cada tratamiento) y 224 en los cuatro bloques de cada uno de los ensayos.

e) La evaluación de las estacas se realizó de acuerdo con la cantidad de raíces presentadas. Se utilizó la escala de 0 a 9 de la siguiente manera (Fig. 5):

0 = sin raíces

1 = muy bajo

3 = bajo

7 = alto

9 = muy alto

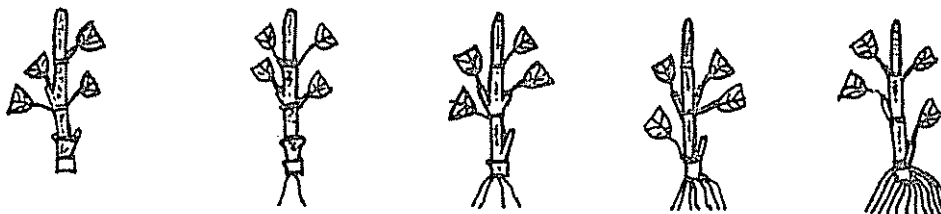


Fig. 5. Codificación del sistema radical de estacas de achiote.

Además, se midió la longitud de raíces para cada tratamiento.

8. Propagación de estacas apicales en cuatro distintos ambientes y con diferentes niveles de AIB

a) Enraizador colocado al aire libre bajo sombra de árboles de achiote. Se utilizó el enraizador sugerido por Enríquez (17)

para la propagación de estacas de cacao pero con modificaciones en su tamaño. Sus dimensiones fueron: 3 m de largo, 1 m de ancho y 0,80 m de alto. Encima del plástico se colocó una maya de "nylon" (zarán). La temperatura en su interior osciló entre 22 y 34°C, en tanto que la humedad relativa entre 95 y 100%. Las estacas se regaron de día por medio durante los primeros diez días, luego cada cinco o seis días. El ensayo se inició el 10. de noviembre de 1983 y concluyó 38 días después, el 9 de diciembre.

b) Enraizadores de concreto instalados dentro de un invernadero

En la parte superior estos enraizadores poseen una cubierta de polietileno transparente para permitir el paso de la luz y un constante

flujo de agua para la refrigeración del ambiente (Fig. 4). El experimento se inició el 8 de noviembre de 1983 y concluyó 38 días después, el 16 de diciembre. La temperatura registrada osciló entre 21 y 30°C mientras que la humedad relativa entre 95 y 100%. Las estacas se regaron una vez todos los días.

c) Enraizador colocado al aire libre y cubierto con zarán

Bajo condiciones homogéneas de sombra de árboles de achiote se instaló este enraizador cubierto totalmente con zarán. Sus dimensiones fueron: 3 m de largo, 1 m de ancho y 0,80 m de alto. La temperatura en su interior osciló entre 19 y 26°C mientras que la humedad relativa entre 87 y 95%. El experimento se inició el 10 de noviembre de 1983 y finalizó el 19 de diciembre, 39 días después. Las estacas se regaron una vez todos los días excepto cuando llovió.

d) Condiciones ambientales bajo sombra de árboles de achiote

Este ensayo se inició el 18 de noviembre de 1983 y se evaluó después de transcurridos 38 días, el 26 de diciembre. Las estacas se colocaron bajo condiciones homogéneas de sombra de árboles de achiote. Se regaron una vez todos los días excepto cuando llovió. Las condiciones ambientales prevaletientes durante el tiempo que duró el ensayo se pueden observar en el Cuadro 2A.

e) En todos los casos el sustrato utilizado fue arena de río lavada con agua. Las estacas se sembraron ligeramente inclinadas en bolsas de polietileno de 8 cm de diámetro y 20 cm de largo. Para cada ensayo se cortaron estacas de 12 plantas previamente seleccionadas. A las estacas se

les hizo un corte recto en su extremo inferior y se les dejó cuatro o cinco hojas a las que se cortaron las dos terceras partes de sus láminas. Antes de ser sembradas se mezclaron entre sí.

f) El Acido Indol Butírico se adicionó en forma líquida, Antes de ser sembradas, las estacas se sumergieron por un minuto en la solución que contenía la hormona.

g) Para cada ensayo se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. En total hubo 48 estacas por bloque (12 por cada tratamiento) y 192 en los cuatro bloques.

h) La evaluación se efectuó de acuerdo con la cantidad de raíces presentadas utilizando la escala de 0 a 9 según se muestra en la Fig. 5 Se midió además la longitud de raíces para cada tratamiento.

Recolección de datos

Para su evaluación, las estacas se agruparon en tres categorías a saber:

- a) Estacas muertas. Aquellas que estaban completamente secas.
- b) Estacas latentes. Aquellas que no presentaban raíces pero estaban vivas,
- c) Estacas enraizadas. Aquellas que presentaron raíces bien desarrolladas y con longitudes variables.

Análisis de datos

Los datos recogidos fueron analizados en una computadora IBM-4331 de acuerdo con el modelo estadístico empleado. Como complemento a este análisis, se efectuó la "Prueba de Rango Múltiple" de Duncan (13) con un nivel de significancia del 5%, a fin de determinar diferencias entre pares de tratamientos,

RESULTADOS Y DISCUSION

Ensayos realizados1) Propagación en enraizadores de concreto usando dos hormonas

Este ensayo se realizó con el propósito de observar la respuesta de las estacas al enraizamiento con y sin la aplicación de hormonas, y, al mismo tiempo, seleccionar el mejor tipo de estaca y tratamiento. Como se puede observar en el Cuadro 10, los resultados obtenidos en este primer experimento fueron bastante desfavorables, ya que hubo una alta mortalidad en todos los tratamientos. Sin embargo, el tratamiento con AIB resultó ser el menos desfavorable, puesto que enraizaron el 3% de las estacas apicales, el 4% de las subapicales y el 9% de las basales. Los tratamientos con Phymone y testigo dieron resultados similares, ya que en ambos casos ninguna estaca apical enraizó y solamente lo hicieron el 3% de las subapicales y el 4% de las basales. Se pudo observar que la mayoría de las estacas se murieron entre los 8 y 15 días después de haber sido sembradas, y que el tratamiento que presentó mayor mortalidad en los tres tipos de estacas fue Phymone, seguido por el testigo y finalmente por el AIB. En relación con las estacas latentes, en el tratamiento con Phymone hubo un 3% de apicales que presentaron esta condición, un 4% de subapicales y un 6% de basales. En el tratamiento con AIB hubo un 8% de estacas apicales latentes, un 9% de subapicales y un 5% de basales. Finalmente, en el tratamiento testigo se presentaron el 5% de estacas apicales latentes, hubo un 9% de subapicales y un 8% de basales en la misma condición.

La alta mortalidad presentada por las estacas en los tres tratamientos no permitió seleccionar ni la "mejor" estaca ni la "mejor" hormona, razón

Cuadro 10. Estacas de achiotte enraizadas, muertas y latentes como respuesta a 2 tratamientos hormonales y un testigo sin hormona en enraizadores de concreto. 1983.

Tratamientos	Condición	Apicales				Subapicales				Basales						
		I	II	III	IV	Total	I	II	III	IV	Total	I	II	III	IV	Total
Phyomone	Muertas	19	20	20	19	78	19	18	20	18	75	17	18	18	19	72
	Enraizadas	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	1	1	1	0	3
	Latentes	1	0	0	1	2	1	1	0	1	3	2	1	1	1	5
	Total	20	20	20	20	80	20	20	20	20	80	20	20	20	20	80
AIB	Muertas	19	17	18	18	72	19	17	17	17	70	17	15	17	20	69
	Enraizadas	0	0	0	2	2	0	1	2	0	3	1	3	3	0	7
	Latentes	1	3	2	0	6	1	2	1	3	7	2	2	0	0	4
	Total	20	20	20	20	80	20	20	20	20	80	20	20	20	20	80
Testigo	Muertas	20	18	20	18	76	17	18	17	19	71	17	16	20	18	71
	Enraizadas	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	2	0	0	3
	Latentes	0	2	0	2	4	3	1	2	1	7	2	2	0	2	6
	Total	20	20	20	20	80	20	20	20	20	80	20	20	20	20	80

por la cual se diseñó otro ensayo con idénticos propósitos pero colocado en un ambiente diferente.

2) Propagación en un cobertizo y usando dos hormonas

Los resultados obtenidos en este experimento se pueden observar en el Cuadro 11. La alta mortalidad presentada en todos los tratamientos se atribuyó a la desecación que sufrieron las estacas por la acción del sol y del viento. Excepto unas pocas, la mayoría se murió a los 12 días de sembradas. Sin embargo, y pese a los resultados desfavorables obtenidos, se pudo observar que el tratamiento de estacas basales con AIB fue el que dio mejor resultado, pues se logró un 9% de enraizamiento seguido por el tratamiento de estacas subapicales con AIB en el que se obtuvo un 5% de enraizamiento.

3) Propagación utilizando diferentes niveles de AIB

Con este ensayo se pretendía determinar la dosis de AIB que respondiera mejor al enraizado y el tipo de estaca apto para ese fin. Sin embargo, los resultados obtenidos (Cuadro 12) no permitieron hacer esas determinaciones. La mayoría de las estacas se murieron entre los ocho y diez días después de haber sido sembradas. Una repetición se perdió. Se observó que tanto los rayos del sol (que penetraban a través del zarán), como el viento, contribuyeron a la desecación y posterior muerte de las estacas.

4) Propagación de estacas basales empleando diferentes cortes en los extremos y AIB

Este estudio se realizó con el propósito de observar si el corte practicado a las estacas tenía alguna influencia en el enraizado. Además, se

Cuadro 11. Estacas de achiotte enraizadas, muertas y latentes como respuesta a 2 tratamientos hormonales y un testigo sin hormona en un cobertizo. 1983.

Tratamientos	Condición	Apicales				Subapicales				Basales						
		I	II	III	IV	Total	I	II	III	IV	Total	I	II	III	IV	Total
Phymone	Muertas	20	20	19	20	79	20	20	20	20	80	20	19	19	20	78
	Enraizadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Latentes	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
	Total	20	20	20	20	80	20	20	20	20	80	20	20	20	20	20
AIB	Muertas	19	19	19	20	77	17	20	20	18	75	18	16	18	17	69
	Enraizadas	0	0	0	0	0	2	0	0	2	4	2	3	1	1	7
	Latentes	1	1	1	0	3	1	0	0	0	1	0	1	1	2	4
	Total	20	20	20	20	80	20	20	20	20	80	20	20	20	20	20
Testigo	Muertas	20	20	20	19	79	19	20	20	20	79	19	19	20	20	78
	Enraizadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Latentes	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	2
	Total	20	20	20	20	80	20	20	20	20	80	20	20	20	20	20

Cuadro 12 . Estacas de achiotte enraizadas, muertas y latentes como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB. 1983.

Tratamientos (ppm)	Condición	Apicales					Subapicales					Basales				
		*I	II	III	IV	Total	*I	II	III	IV	Total	*I	II	III	IV	Total
2000	Muertas	6	8	8	8	22	6	8	8	6	20	6	8	8	8	22
	Enraizadas	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
	Latentes	1	0	0	1	1	2	0	1	3	1	0	0	1	1	1
	Total	8	8	8	8	24	8	8	8	8	24	8	8	8	8	24
4000	Muertas	8	8	8	8	24	4	8	8	5	17	2	8	8	4	14
	Enraizadas	0	0	0	0	0	1	0	2	3	3	0	0	0	3	3
	Latentes	0	0	0	0	0	3	0	1	4	3	0	0	4	7	7
	Total	8	8	8	8	24	8	8	8	8	24	8	8	8	8	24
8000	Muertas	8	8	8	8	24	8	7	8	8	23	2	8	8	8	18
	Enraizadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	5
	Latentes	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1
	Total	8	8	8	8	24	8	8	8	8	24	8	8	8	8	24
Testigo	Muertas	6	8	8	4	18	2	7	5	5	14	7	7	5	5	19
	Enraizadas	0	0	3	3	3	1	1	1	3	1	1	1	2	4	4
	Latentes	2	0	1	3	3	5	0	2	7	0	0	0	1	1	1
	Total	8	8	8	8	24	8	8	8	8	24	8	8	8	8	24

* Repetición perdida

pretendía establecer si las estacas procedentes de una planta enraizaban mejor que las de otra. Sin embargo, los resultados obtenidos mostrados en el Cuadro 13, al ser desfavorables una vez más, no permitieron llegar a ninguna conclusión certera. Se pudo observar que las estacas se murieron tan rápido como cuando fueron expuestas al sol y al viento, lo que sugirió que, si bien estos factores favorecieron la muerte de las estacas, no fueron los únicos que intervinieron en ello.

5) Propagación de estacas basales con diferentes niveles de AIB

En vista de que los resultados obtenidos en los ensayos anteriores no fueron lo favorables que se esperaban, se decidió realizar otro experimento usando únicamente estacas basales a fin de poder observar alguna diferencia entre tratamientos. Una vez más se intentó seleccionar la concentración de AIB que mejor estimulara el enraizado. Las estacas apicales se desecharon de antemano puesto que ya se había observado que su muerte ocurría más rápidamente que en las subapicales y basales. Una vez más los resultados obtenidos no permitieron llegar a ninguna conclusión, ya que la mayoría de las estacas murieron en los primeros 15 días después de sembradas. Los resultados se anotan en el Cuadro 14. Como se puede observar, la mayor cantidad de estacas enraizadas se obtuvieron sin la aplicación de hormona (el 18% de las estacas enraizaron sin hormona).

6) Propagación de estacas subapicales con diferentes niveles de AIB

Con el propósito de poder observar si existían diferencias entre el enraizado de estacas basales y subapicales cuando se aplicaban los mismos niveles de AIB, y procurando siempre seleccionar el mejor tipo de estaca y

Cuadro 13 . Estacas basales de achiotte enraizadas, muertas y latentes, como respuesta a 2 tipos de corte y una concentración de 8000 ppm de AIB. 1983.

Tratamiento (corte)	Condición	Planta 1				Planta 2				Planta 3				Planta 4												
		I	II	III	IV	Total	I	II	III	IV	Total	I	II	III	IV	Total	I	II	III	IV	Total					
Recto	Muertas	6	6	6	6	24	4	5	6	4	19	6	6	6	6	24	6	6	6	6	24	6	6	6	6	24
	Enraizadas	0	0	0	0	0	2	1	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Latentes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	6	6	6	6	24	6	6	6	6	24	6	6	6	6	24	6	6	6	6	24	6	6	6	6	24
Inclinado	Muertas	6	6	6	5	23	5	5	6	2	18	6	6	6	6	24	6	6	6	6	24	6	6	6	5	23
	Enraizadas	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Latentes	0	0	0	1	1	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Total	6	6	6	6	24	6	6	6	6	24	6	6	6	6	24	6	6	6	6	24	6	6	6	6	24

Cuadro 14 . Estacas basales enraizadas, latentes y muertas en respuesta a la aplicación de 3 niveles de AIB y un testigo sin hormona. 1983.

Tratamientos (ppm)	Condición	Repeticiones				
		I	II	III	IV	Total
2000	Muertas	20	14	20	19	73
	Enraizadas	0	4	0	1	5
	Latentes	0	2	0	0	2
	Total	20	20	20	20	80
4000	Muertas	16	19	20	19	74
	Enraizadas	0	0	0	0	0
	Latentes	4	1	0	1	6
	Total	20	20	20	20	80
8000	Muertas	20	20	16	19	75
	Enraizadas	0	0	1	0	1
	Latentes	0	0	3	1	4
	Total	20	20	20	20	80
Testigo	Muertas	13	11	15	19	58
	Enraizadas	5	5	3	1	14
	Latentes	2	4	2	0	8
	Total	20	20	20	20	80

el mejor nivel de hormona, se realizó este experimento en las mismas condiciones ambientales que el anterior. Los resultados obtenidos, mostrados en el Cuadro 15, al ser una vez más desfavorables, no permitieron llegar a conclusión alguna, ya que exceptuando el tratamiento con 4000 ppm en donde la mortalidad fue de 99%, en los restantes tratamientos las estacas se murieron en su totalidad.

7) Propagación de estacas apicales en tres distintos ambientes y usando diferentes niveles de AIB

En vista del poco éxito obtenido en los primeros seis ensayos, se decidió realizar otros pero cambiando la metodología seguida hasta ese momento. De esta manera se trataba de establecer si el tipo de estaca usado hasta entonces no era capaz de enraizar y si las condiciones ambientales en que se colocaron no favorecerían el enraizamiento.

• Enraizadores de concreto instalados dentro de un invernadero. Los resultados obtenidos en este experimento se muestran en el Cuadro 16. Los porcentajes de estacas muertas, enraizadas y latentes, así como la longitud de raíces para cada tratamiento se presentan en el Cuadro 17. El análisis de variancia se muestra en el Cuadro 18.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el tratamiento en que hubo mayor cantidad de estacas enraizadas fue el de 4000 ppm con un 73%, seguido por el testigo con un 70%, el de 8000 ppm con un 50% y finalmente el de 2000 ppm con un 34%. La mayor mortalidad de estacas se presentó en el tratamiento con 4000 ppm, en tanto que la menor con el de 2000 ppm. El porcentaje más bajo de estacas latentes lo presentó el tratamiento con 4000 ppm, mientras que el más alto lo exhibió el de 2000 ppm.

Cuadro 15 . Estacas subapicales enraizadas, latentes y muertas en respuesta a la aplicación de 3 niveles de AIB y un testigo sin hormona. 1983.

Tratamientos (ppm)	Condición	Repeticiones				Total
		I	II	III	IV	
2000	Muertas	20	20	20	20	80
	Enraizadas	0	0	0	0	0
	Latentes	0	0	0	0	0
	Total	20	20	20	20	80
4000	Muertas	20	19	20	20	79
	Enraizadas	0	1	0	0	1
	Latentes	0	0	0	0	0
	Total	20	20	20	20	80
8000	Muertas	20	20	20	20	0
	Enraizadas	0	0	0	0	0
	Latentes	0	0	0	0	0
	Total	20	20	20	20	80
Testigo	Muertas	20	20	20	20	80
	Enraizadas	0	0	0	0	0
	Latentes	0	0	0	0	0
	Total	20	20	20	20	80

Cuadro 16. Estacas apicales con brote y hojas enraizadas, latentes y muertas, como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB. 1983.

Tratamiento (ppm)	Condición	Repeticiones				Total
		I	II	III	IV	
2000	Muertas	0	0	4	2	6
	Enraizadas	3	14	0	2	19
	Latentes	11	0	10	10	31
	Total	14	14	14	14	56
4000	Muertas	3	1	4	3	11
	Enraizadas	10	13	7	11	41
	Latentes	1	0	3	0	4
	Total	14	14	14	14	56
8000	Muertas	3	0	3	3	9
	Enraizadas	8	2	8	10	28
	Latentes	3	12	3	1	19
	Total	14	14	14	14	56
Testigo	Muertas	1	1	5	2	9
	Enraizadas	10	12	9	8	39
	Latentes	3	1	0	4	8
	Total	14	14	14	14	56

Cuadro 17. Estacas muertas, enraizadas, latentes y longitud de raíces, de acuerdo con los tratamientos de AIB aplicados. 1983.

Tratamiento (ppm)	Muertas (%)	Enraizadas (%)	Latentes (%)	Longitud (cm)
2000	11	34	55	1631
4000	20	73	7	2428
8000	16	50	34	1631
Testigo	16	70	14	2610

Cuadro 18. Análisis de variancia para las estacas muertas, enraizadas y latentes en los 4 bloques del experimento, 1983.

Condición	Fuente de información	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft
Muertas	Tratamientos	3	3,19	1,06	1,26	3,86
	Repeticiones	3	25,69	8,56	10,19	3,86
	Error	9	7,56	0,84		
	Total	15	36,44			
Enraizadas	Tratamientos	3	78,69	26,23	1,62	3,86
	Repeticiones	3	36,69	12,23	0,76	3,86
	Error	9	145,56	16,17		
	Total	15	260,94			
Latentes	Tratamientos	3	110,25	36,75	1,99	3,86
	Repeticiones	3	3,25	1,08	0,06	3,86
	Error	9	166,25	18,47		
	Total	15	279,75			

Cuadro 19. Codificación de raíces de acuerdo con los diferentes tratamientos de AIB aplicados. 1983.

Tratamiento (ppm)	Código					Total
	0	1	3	7	9	
2000	37	6	6	5	2	56
4000	15	9	5	7	20	56
8000	28	4	9	7	8	56
Testigo	17	10	6	9	14	56
Total	97	29	26	28	44	224

En lo que a longitud de raíces se refiere, el tratamiento sin hormona ocupó el primer lugar, seguido por los tratamientos de 4000, 2000 y 8000 ppm respectivamente.

La codificación de las raíces (Cuadro 19) permitió seleccionar a los tratamientos con 4000 ppm y testigo como los mejores, ya que la mayor cantidad de raíces se presentaron en esos tratamientos.

El tratamiento que menos estimuló el desarrollo de raíces fue el de 2000 ppm seguido por el de 8000 ppm. La mayor cantidad de raíces por estaca enraizada se presentó en el tratamiento con 4000 ppm.

• Enraizador colocado al aire libre bajo sombra de árboles de cacao.

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 20. En el Cuadro 21 se anotan los porcentajes de estacas muertas, enraizadas y latentes, así como la longitud de raíces para cada tratamiento. El análisis de variancia se presenta en el Cuadro 22.

El mayor número de estacas enraizadas se obtuvo con el tratamiento de 2000 ppm, puesto que el 43% de las estacas enraizaron. En los tratamientos con 4000 y 8000 ppm se obtuvo un enraizamiento de 41 y 27% respectivamente. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre estos tres tratamientos. En el tratamiento testigo fue en donde se obtuvo la menor cantidad de estacas enraizadas, ya que apenas enraizaron el 4% de ellas. Así, se lograron detectar diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos con 2000 y 4000 ppm, no así con el 8000 ppm. En relación con estacas latentes, el tratamiento testigo fue el que presentó mayor cantidad de estacas en esa condición, seguido por los tratamientos con 8000, 2000 y 4000 ppm respectivamente.

Cuadro 20. Número de estacas enraizadas, latentes y muertas como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB. 1983.

Tratamiento (ppm)	Condición	Repeticiones				Total
		I	II	III	IV	
2000	Enraizadas	11	3	5	5	24
	Latentes	3	7	5	8	23
	Muertas	0	4	4	1	9
	Total	14	14	14	14	56
4000	Enraizadas	5	5	4	9	23
	Latentes	4	7	8	2	21
	Muertas	5	2	2	3	12
	Total	14	14	14	14	56
8000	Enraizadas	3	5	3	4	15
	Latentes	8	6	5	4	23
	Muertas	3	3	6	6	18
	Total	14	14	14	14	56
Testigo	Enraizadas	0	0	1	0	1
	Latentes	8	11	12	14	45
	Muertas	6	3	1	0	10
	Total	14	14	14	14	56

Cuadro 21. Porcentaje de estacas enraizadas, latentes, muertas y longitud de raíces, en respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB. 1983.

Tratamiento (ppm)	Enraizadas (%)	Latentes (%)	Muertas (%)	Longitud (cm)
2000	43	41	16	525
4000	41	38	21	425
8000	27	41	32	182
Testigo	4	78	18	2

Cuadro 22. Análisis de variancia para estacas enraizadas, latentes y muertas en los 4 bloques del experimento. 1983.

Condición	Fuente de información	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft
Muertas	Tratamientos	3	12,19	4,06	0,79	3,86
	Repeticiones	3	2,19	0,73	0,14	3,86
	Error	9	46,56	5,17		
	Total	15	60,94			
Enraizadas	Tratamientos	3	77,50	25,83	5,11	3,86
	Repeticiones	3	9,00	3,00	0,59	3,86
	Error	9	45,50	5,05		
	Total	15	132,00			
Latentes	Tratamientos	3	97,00	32,33	5,25	3,86
	Repeticiones	3	9,50	3,16	0,51	3,86
	Error	9	55,50	6,16		
	Total	15	162,00			

Cuadro 23. Codificación de raíces de acuerdo con los diferentes tratamientos de AIB aplicados. 1983.

Tratamiento (ppm)	Código					Total
	0	1	3	7	9	
2000	32	10	5	7	2	56
4000	33	9	6	6	2	56
8000	41	8	3	2	2	56
Testigo	54	2	0	0	0	56
Total	160	29	14	15	6	224

La mayor cantidad de estacas muertas se presentó en el tratamiento con 8000 ppm; la menor cantidad en el tratamiento con 2000 ppm. Por otra parte, la mayor longitud de raíces se presentó en el tratamiento con 2000 ppm, seguido por los de 4000, 8000 y testigo, respectivamente.

De acuerdo con estos resultados, el tratamiento con 2000 ppm podría ser el mejor para efectuar el enraizado de estacas de achiote, puesto que con este tratamiento se obtuvo la mayor cantidad de estacas enraizadas, la menor cantidad de estacas muertas y la mayor longitud de raíces.

En el Cuadro 23 se presenta la codificación de raíces de acuerdo con el tratamiento aplicado. Se puede observar que la mayor cantidad de estacas enraizadas se presentó en el tratamiento con 2000 ppm, en tanto que en el testigo solo dos enraizaron. De las 64 estacas enraizadas, 43 presentaron muy baja o baja cantidad de raíces, en tanto que 21 presentaron alta o muy alta cantidad. La mayoría, sin embargo, no enraizó, ya fuera porque permanecieron latentes o se murieron.

Los bajos porcentajes de enraizamiento obtenidos en todos los tratamientos hizo pensar que cuando la luz del sol incide directa o indirectamente (a través de la lámina de polietileno y el zarán), afecta negativamente el enraizado. En efecto, se pudo observar que en los bloques donde la luz del sol penetraba directamente, todas las estacas botaron sus hojas y algunas sufrieron desecación, en tanto que en los restantes dos bloques a donde la luz del sol no llegaba, las hojas siempre permanecieron verdes y presentaron mayor número y longitud de raíces. Por esta razón, y a fin de corroborar esta hipótesis, se realizó otro ensayo pero bajo condiciones de sombra y humedad más homogéneas.

● Condiciones ambientales pero bajo sombra. Los resultados obtenidos se anotan en el Cuadro 24. En los Cuadros 25 y 26 aparecen los porcentajes de estacas enraizadas, latentes, muertas y longitud de raíces, así como el análisis de variancia del experimento.

Las condiciones ambientales bajo las que se llevó a cabo este ensayo no favorecieron el enraizado, pues en todos los casos la cantidad de estacas enraizadas fue muy escasa. Se observó que ocho días después de haber efectuado la siembra la totalidad de las estacas botaron sus hojas y muchas de ellas murieron.

A pesar de que las estacas estuvieron protegidas contra los rayos del sol, siempre estuvieron expuestas al viento el que, a la postre, provocó su desecación. Las pocas estacas que enraizaron presentaron muy baja cantidad de raíces (Cuadro 27).

8) Enraizamiento de estacas apicales en cuatro distintos ambientes y con diferentes niveles de AIB

Con el propósito de obtener mayor información acerca del ambiente propicio para efectuar el enraizado de estacas, se realizó un grupo de cuatro ensayos en cuatro ambientes diferentes. Se pretendió con esto mejorar la metodología empleada anteriormente y seleccionar el ambiente en el cual las estacas enraizan mejor.

a) Enraizador colocado al aire libre bajo sombra de árboles de achiote. En el Cuadro 28 se anotan los resultados obtenidos en este ensayo. El porcentaje de estacas enraizadas, latentes, muertas y la longitud de raíces, así como el análisis de variancia, se presentan en los Cuadros 29 y 30. La codificación de las raíces se muestra en el Cuadro 31.

Cuadro 24. Número de estacas enraizadas, latentes y muertas como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB. 1983.

Tratamiento (ppm)	Condición	Repeticiones				Total
		I	II	III	IV	
2000	Enraizadas	1	0	0	1	2
	Latentes	1	1	0	1	3
	Muertas	12	13	14	12	51
	Total	14	14	14	14	56
4000	Enraizadas	0	1	0	1	2
	Latentes	3	2	0	2	7
	Muertas	11	11	14	11	47
	Total	14	14	14	14	56
8000	Enraizadas	1	1	0	0	2
	Latentes	1	2	1	4	8
	Muertas	12	11	13	10	46
	Total	14	14	14	14	56
Testigo	Enraizadas	0	1	0	0	1
	Latentes	2	1	3	2	8
	Muertas	12	12	11	12	47
	Total	14	14	14	14	56

Cuadro 25. Porcentaje de estacas enraizadas, latentes, muertas y longitud de raíces, en respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB. 1983.

Tratamiento (ppm)	Enraizadas (%)	Latentes (%)	Muertas (%)	Longitud (cm)
2000	4	5	91	6,5
4000	4	12	84	6,0
8000	4	14	82	6,0
Testigo	2	14	84	2,5

Cuadro 26. Análisis de variancia para estacas enraizadas, latentes y muertas en los 4 bloques del experimento. 1983.

Condición	Fuente de información	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft
Enraizadas	Tratamientos	3	0,19	0,06	0,21	3,86
	Repeticiones	3	1,19	0,39	1,39	3,86
	Error	9	2,56	0,28		
	Total	15				
Latentes	Tratamientos	3	4,25	1,42	1,24	3,86
	Repeticiones	3	3,25	1,08	0,95	3,86
	Error	9	10,25	1,14		
	Total	15				
Muertas	Tratamientos	3	3,69	1,23	1,29	3,86
	Repeticiones	3	6,69	2,23	2,35	3,86
	Error	9	8,56	0,95		
	Total	15				

Cuadro 27. Codificación de raíces de acuerdo con los diferentes tratamientos de AIB aplicados. 1983.

Tratamiento (ppm)	Código					Total
	0	1	3	7	9	
2000	54	2	0	0	0	56
4000	54	2	0	0	0	56
8000	54	2	0	0	0	56
Testigo	55	1	0	0	0	56
Total	217	7	0	0	0	224

Cuadro 28. Número de estacas enraizadas, latentes y muertas como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB. 1983.

Tratamiento	Condición	Repeticiones				Total
		I	II	III	IV	
2000	Enraizadas	10	9	8	7	34
	Latentes	2	3	1	1	7
	Muertas	0	0	3	4	7
	Total	12	12	12	12	48
4000	Enraizadas	7	8	7	7	29
	Latentes	1	1	2	0	4
	Muertas	4	3	3	5	15
	Total	12	12	12	12	48
8000	Enraizadas	8	10	9	7	34
	Latentes	0	1	3	0	4
	Muertas	4	1	0	5	10
	Total	12	12	12	12	48
Testigo	Enraizadas	2	3	4	1	10
	Latentes	6	9	5	11	31
	Muertas	4	0	3	0	7
	Total	12	12	12	12	48

Cuadro 29. Porcentaje de estacas enraizadas, latentes, muertas y longitud de raíces, en respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB. 1983.

Tratamiento (ppm)	Enraizadas (%)	Latentes (%)	Muertas (%)	Longitud (cm)
2000	71	15	14	300
4000	61	8	31	350
8000	71	8	21	550
Testigo	21	64	15	20

Cuadro 30. Análisis de variancia para estacas enraizadas, latentes y muertas en los 4 bloques del experimento. 1983.

Condición	Fuente de información	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft
Enraizadas	Tratamientos	3	97,69	32,56	41,74	3,86
	Repeticiones	3	8,69	2,90	3,72	3,86
	Error	9	7,06	0,78		
	Total	15	113,44			
Latentes	Tratamientos	3	98,75	32,92	4,95	3,86
	Repeticiones	3	3,25	1,08	0,16	3,86
	Error	9	59,75	6,64		
	Total	15	161,75			
Muertas	Tratamientos	3	10,69	3,56	1,03	3,86
	Repeticiones	3	14,19	4,73	1,37	3,86
	Error	9	31,06	3,45		
	Total	15	55,94			

Cuadro 31. Codificación de raíces de acuerdo con los diferentes tratamientos de AIB aplicados. 1983.

Tratamiento (ppm)	Código					Total
	0	1	3	7	9	
2000	14	15	9	7	3	48
4000	19	10	10	6	3	48
8000	14	11	12	8	3	48
Testigo	38	3	6	1	0	48
Total	85	39	37	22	9	192

Los resultados obtenidos permitieron seleccionar los tratamientos 2000 y 8000 ppm como los mejores, pues en ambos casos se obtuvo un 71% de estacas enraizadas. En el tratamiento con 4000 ppm enraizaron el 60% de las estacas, pero entre este tratamiento y los dos anteriores no se detectó diferencia significativa alguna. Sí se detectaron diferencias significativas entre estos tratamientos y el testigo, ya que en este último apenas enraizaron el 21% de las estacas.

En relación con la longitud de raíces, el tratamiento con 8000 ppm resultó ser el mejor, seguido por los tratamientos con 4000, 2000 y testigo. El testigo fue el que presentó mayor cantidad de estacas latentes (65%). La mayor mortalidad se presentó con 4000 ppm (31%).

Al observar la codificación de raíces (Cuadro 31), se puede notar que la mayoría de las estacas que enraizaron tenían muy baja o baja cantidad de raíces, algunas presentaron alta cantidad y pocas muy alta cantidad. En todos los tratamientos, excepto el testigo, se logró estimular con éxito el enraizado de las estacas.

Las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo este experimento favorecieron en gran manera el enraizamiento de estacas de achiote, razón por la cual esta metodología podría seguirse con éxito para la propagación comercial de la especie.

b) Enraizadores de concreto instalados dentro de un invernadero. En los Cuadros 32, 33, 34 y 35 se presentan los resultados obtenidos en este ensayo.

Bajo las condiciones en que se desarrolló este experimento el enraizado de las estacas fue altamente satisfactorio, pues en todos los tratamientos,

Cuadro 32. Número de estacas enraizadas, latentes y muertas, como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB. 1983.

Tratamiento (ppm)	Condición	Repeticiones				Total
		I	II	III	IV	
2000	Enraizadas	12	12	11	10	45
	Latentes	0	0	1	2	3
	Muertas	0	0	0	0	0
	Total	12	12	12	12	48
4000	Enraizadas	11	12	12	12	47
	Latentes	1	0	0	0	1
	Muertas	0	0	0	0	0
	Total	12	12	12	12	48
8000	Enraizadas	11	9	12	10	42
	Latentes	1	2	0	1	4
	Muertas	0	1	0	1	2
	Total	12	12	12	12	48
Testigo	Enraizadas	3	3	3	1	10
	Latentes	9	9	9	11	38
	Muertas	0	0	0	0	0
	Total	12	12	12	12	48

Cuadro 33. Porcentaje de estacas enraizadas, latentes, muertas y longitud de raíces, en respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB. 1983.

Tratamiento (ppm)	Enraizadas (%)	Latentes (%)	Muertas (%)	Longitud (cm)
2000	94	6	0	3069
4000	98	2	0	2576
8000	88	6	6	2000
Testigo	21	79	0	200

Cuadro 34. Análisis de variancia para estacas enraizadas, latentes y muertas en los 4 bloques del experimento. 1983.

Condición	Fuente de información	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft
Enraizadas	Tratamientos	3	228,50	76,16	86,54	3,86
	Repeticiones	3	3,50	1,16	1,32	3,86
	Error	9	8,00	0,88		
	Total	15	240,00			
Latentes	Tratamientos	3	239,19	73,73	109,22	3,86
	Repeticiones	3	2,69	0,90	1,23	3,86
	Error	9	6,56	0,73		
	Total	15	248,44			
Muertas	Tratamientos	3	1,69	0,56	9,33	3,86
	Repeticiones	3	0,19	0,06	1,00	3,86
	Error	9	0,56	0,06		
	Total	15	2,44			

Cuadro 35. Codificación de raíces de acuerdo con los diferentes tratamientos de AIB aplicados, 1983.

Tratamiento (ppm)	Código					Total
	0	1	3	7	9	
2000	3	4	7	20	14	48
4000	1	1	7	22	17	48
8000	6	4	9	15	14	48
Testigo	38	5	3	2	0	48
Total	48	14	26	59	45	192

excepto el testigo, se obtuvieron porcentajes de enraizamiento superiores a 85%. No se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos 2000, 4000 y 8000 ppm, pero sí entre estos y el testigo,

En el Cuadro 33 se puede observar que la mayor longitud de raíces se logró con la aplicación de 2000 ppm, seguido por los tratamientos 4000 y 8000 ppm. A pesar de que el testigo fue el que presentó menor cantidad de estacas enraizadas y, por consiguiente, menor longitud de raíces, la mayoría no se murieron sino que permanecieron latentes. Posiblemente habrían emitido raíces si se hubieran dejado por más tiempo. Sin embargo, resulta difícil mantener vivas las estacas cuando permanecen por mucho tiempo en el enraizador debido al ataque de patógenos. Por esa razón se evaluaron en la fecha prevista.

En el Cuadro 35 se observa cómo la mayoría de las estacas tratadas con 2000, 4000 y 8000 ppm enraizaron con una alta o muy alta cantidad de raíces, lo cual representa una ventaja, puesto que de esta manera las estacas pueden desarrollarse más rápidamente y disminuir los riesgos de mortalidad. De las pocas estacas que enraizaron en el testigo, la mayoría lo hizo con muy baja o baja cantidad de raíces, y únicamente dos de ellas enraizaron con alta cantidad.

Los resultados obtenidos en este experimento sugieren el empleo del AIB en el enraizado de estacas de achiote. Sin embargo, se hace necesario estudiar más a fondo la influencia de la época y del estado fisiológico de la planta en el enraizado, pues puede ser que en un momento dado las estacas no requieran de la aplicación de hormonas. Además, se hace necesario estudiar si existen diferencias en el enraizado entre plantas o grupos de plantas.

c) Enraizador colocado al aire libre y cubierto con zarán. En los Cuadros 36, 37 y 38 se anotan los resultados obtenidos en este ensayo. En los tratamientos con 2000, 4000 y 8000 ppm el porcentaje de estacas enraizadas fue muy bajo, no detectándose diferencia significativa alguna entre tratamientos. El testigo presentó el menor porcentaje de estacas enraizadas, pero solamente se detectó diferencia significativa con el tratamiento 8000 ppm. La mayor mortalidad se presentó con 4000 ppm, en tanto que la menor con el testigo. El mayor número de estacas latentes se presentó en el testigo seguido por los tratamientos 2000, 4000 y 8000 ppm. En relación con la longitud de raíces, en el tratamiento con 8000 ppm se presentó la mayor cantidad y longitud, mientras que el testigo exhibió la menor cantidad y longitud de raíces.

La codificación de raíces presentada en el Cuadro 39 muestra que la mayoría de las estacas que enraizaron lo hicieron con muy baja cantidad de raíces, y que solamente unas pocas exhibieron alta o muy alta cantidad.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este experimento, no parece recomendable el enraizado de estacas en ambientes similares a este, puesto que se retarda mucho el enraizado y las posibilidades de éxito se reducen considerablemente. A pesar de que en esta oportunidad las estacas estuvieron protegidas contra los rayos del sol y contra el viento, lo cierto del caso fue que el viento que penetraba a través del "zarán" provocó la desecación y posterior caída de las hojas en todas las estacas.

d) Condiciones ambientales bajo sombra de árboles de achiote. Los resultados de este ensayo se muestran en los Cuadros 40, 41, 42 y 43. El enraizamiento de estacas en estas condiciones fue muy pobre, pues del total solamente cinco de ellas emitieron raíces, Aproximadamente ocho días después de haber sido

Cuadro 36. Número de estacas enraizadas, latentes y muertas como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB, 1983.

Tratamiento (ppm)	Condición	Repeticiones				Total
		I	II	III	IV	
2000	Enraizadas	7	7	2	2	18
	Latentes	4	1	4	8	17
	Muertas	1	4	6	2	13
	Total	12	12	12	12	48
4000	Enraizadas	4	4	1	5	14
	Latentes	4	3	6	2	15
	Muertas	4	5	5	5	19
	Total	12	12	12	12	48
8000	Enraizadas	3	8	7	4	22
	Latentes	3	2	3	6	14
	Muertas	6	2	2	2	12
	Total	12	12	12	12	48
Testigo	Enraizadas	1	1	2	1	5
	Latentes	8	9	9	7	33
	Muertas	3	2	1	4	10
	Total	12	12	12	12	48

Cuadro 37. Porcentaje de estacas enraizadas, latentes, muertas y longitud de raíces, en respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB, 1983.

Tratamiento (ppm)	Enraizadas (%)	Latentes (%)	Muertas (%)	Longitud (%)
2000	38	35	27	225
4000	29	31	40	175
8000	46	29	25	275
Testigo	10	69	21	20

Cuadro 38 . Análisis de variancia para estacas enraizadas, latentes y muertas en los 4 bloques del experimento. 1983.

Condición	Fuente de información	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft
Enraizadas	Tratamientos	3	39,69	13,23	2,90	3,86
	Repeticiones	3	10,69	3,56	0,78	3,86
	Error	9	41,06	4,56		
	Total	15	91,44			
Latentes	Tratamiento	3	91,50	32,50	8,02	3,86
	Repeticiones	3	11,00	3,66	0,90	3,86
	Error	9	36,50	4,05		
	Total	15	145,00			
Muertas	Tratamientos	3	11,25	3,75	1,05	3,86
	Repeticiones	3	0,25	0,08	0,02	3,86
	Error	9	32,25	3,58		
	Total	15	43,75			

Cuadro 39. Codificación de raíces de acuerdo con los diferentes niveles de AIB aplicados. 1983.

Tratamiento (ppm)	Código					Total
	0	1	3	7	9	
2000	30	4	7	5	2	48
4000	34	5	4	3	2	48
8000	26	8	6	5	3	48
Testigo	43	5	0	0	0	48
Total	133	22	17	13	7	192

Cuadro 40. Número de estacas enraizadas, latentes y muertas como respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB, 1983.

Tratamiento (ppm)	Condición	Repeticiones				Total
		I	II	III	IV	
2000	Enraizadas	2	0	0	0	2
	Latentes	3	0	2	2	7
	Muertas	7	12	10	10	39
	Total	12	12	12	12	48
4000	Enraizadas	0	1	0	0	1
	Latentes	1	3	4	3	11
	Muertas	11	8	8	9	36
	Total	12	12	12	12	48
8000	Enraizadas	1	0	0	1	2
	Latentes	1	0	0	1	2
	Muertas	10	12	12	10	44
	Total	12	12	12	12	48
Testigo	Enraizadas	0	0	0	0	0
	Latentes	4	1	2	3	10
	Muertas	8	11	10	9	38
	Total	12	12	12	12	48

Cuadro 41. Porcentaje de estacas enraizadas, latentes, muertas y longitud de raíces, en respuesta a la aplicación de 4 niveles de AIB, 1983.

Tratamiento (ppm)	Enraizadas (%)	Latentes (%)	Muertas (%)	Longitud (cm)
2000	4	15	81	9,5
4000	2	23	75	3,0
8000	4	4	92	5,5
Testigo	0	21	79	0

Cuadro 42 . Análisis de variancia para estacas enraizadas, latentes y muertas en los 4 bloques del experimento. 1983.

Condición	Fuente de información	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft
Enraizadas	Tratamientos	3	0,69	0,23	0,59	3,86
	Repeticiones	3	1,19	0,39	1,00	3,86
	Error	9	3,56	0,39		
	Total	15	5,44			
Latentes	Tratamientos	3	12,25	4,08	3,26	3,86
	Repeticiones	3	4,25	1,42	1,14	3,86
	Error	9	11,25	1,25		
	Total	15	27,75			
Muertas	Tratamientos	3	8,69	2,90	1,24	3,86
	Repeticiones	3	6,69	2,23	0,95	3,86
	Error	9	21,06	2,34		
	Total	15	36,44			

Cuadro 43. Codificación de raíces de acuerdo con los diferentes niveles de AIB aplicados. 1983.

Tratamiento (ppm)	Código					Total
	0	1	3	7	9	
2000	46	2	0	0	0	48
4000	47	1	0	0	0	48
8000	46	2	0	0	0	48
Testigo	48	0	0	0	0	48
Total	187	5	0	0	0	192

sembradas, las hojas de todas las estacas se cayeron. Se observó que muchas estacas murieron después de transcurridos 15 días.

Los resultados obtenidos demuestran que las condiciones ambientales bajo las cuales se realizó este experimento no son propicias para el enraizado de estacas de achiote. Por tanto, no es recomendable colocar estacas a enraizar en ambientes al aire libre.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las siguientes son las conclusiones y recomendaciones más sobresalientes obtenidas del estudio sobre propagación vegetativa del achiote por medio de estacas, realizado en el período comprendido entre agosto de 1982 y diciembre de 1983:

1. Las estacas apicales con brote y con hojas bien desarrolladas fueron las que enraizaron mejor. Las estacas jóvenes con edades aproximadas que oscilaron entre tres y ocho meses no enraizaron, mientras que aquellas cuyas edades oscilaron entre nueve y doce meses lo hicieron convenientemente.
2. La alta humedad relativa (entre 95 y 100%), así como la protección de las estacas contra el viento y la luz directa del sol, fueron factores que condicionaron el enraizamiento.
3. Las estacas basales, subapicales y apicales sin brote ni hojas no enraizaron bien, razón por la cual no es conveniente su empleo en la propagación asexual del achiote.
4. La arena del río lavada con agua resultó ser un buen sustrato para el enraizamiento. Sin embargo, es conveniente el estudio de otros sustratos tales como aserrín, tierra y mezclas de arena con tierra.
5. La adición de Acido Indol Butírico en forma líquida, en concentración de 2000 ppm, estimuló adecuadamente el enraizamiento. Es importante continuar con los estudios de dosificación a fin de seleccionar aquella dosis que sea más económica.

6. Se recomienda el uso de estacas apicales con brote y con hojas bien desarrolladas para la propagación asexual del achiote por estacas. No obstante, es necesario y urgente estudiar detalladamente la influencia de la época y la del estado fisiológico de la planta en el enraizamiento de las estacas.
7. Se recomienda la realización de estudios que conduzcan a determinar si existen diferencias en el enraizamiento de estacas entre y dentro de familias de plantas, así como la respuesta de ellas a la aplicación de otros reguladores de crecimiento.

LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1971. 139 p.
2. APRIL, J. E. *et.al.* Information systems development for plant genetic resources. Boulder, University of Colorado. Information Sciences/ Genetic Resources Program, 1978. 34 p.
3. ARAYA PEREZ, H. Utilización del achiote (*Bixa orellana*) en la pigmentación de la yema de huevo. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1976. 84 p.
4. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 12 ed. Edited by William Horwitz. Washington, D.C., 1975. (Methods 7044-7045).
5. ASTORGA, C. y SEIDEWITZ, L. Documentación y comunicación en relación con los "recursos fitogenéticos". Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 14 p. (Mimeografiado).
6. AVILA, A., BARQUERO, L. y CALZADA, J. Una mejora en el método de determinación de bixina en achiote. Ingeniería y Ciencia Química (Costa Rica) 6(3-4):209-210. 1982.
7. BAER, D. F. Systematics of the genus *Bixa* and geography of the cultivated annatto tree. Dissertation Abstracts International, B 37(10): 4846-B. 1977.
8. BARRETO, C. El cultivo del onoto. II. Acrive (Venezuela) 2(20):9-12. 1974.
9. CATALAN, S. Achiote: resumen de la información disponible; información para técnicos. Guatemala, Ministerio de Agricultura, 1974. 16 p.
10. CHANG, T. T. Manual of genetic conservation of rice germplasm for evaluation and utilization. Los Baños, Filipinas, IRRI, 1976. 77 p.
11. CHOPRA, R. N. y KAUR, H. Embriology of *Bixa orellana* Linn. Phytomorphology 15:211-214. 1965.
12. CUCULIZA, P. J. Propagación de plantas. Lima, Talleres Gráficos Villanueva, 1955. 280 p.
13. DUNCAN, D.B. Multiple range and multiple F test. Biometrics 11(1):1-42. 1955.

14. ENGELS, J. La documentación en centros de recursos genéticos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 12 p. (Mimeografiado).
15. _____. Sistemas de información para centros de recursos genéticos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1980. 65 p. (Mimeografiado).
16. ENRIQUEZ, G. Selección y estudio de los caracteres de la flor, la hoja y la mazorca, útiles para la identificación y descripción de cultivares de cacao, Tesis M.Sc., Turrialba, Costa Rica, IICA, 1966. 97 p.
17. _____. Boletín de cacao. Quito, Ecuador, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1970. 40 p.
18. _____ y MORA, A. Selecciones en F₁ a partir de 13 cultivares de achiotte en Turrialba, Costa Rica. In ¹Aspectos sobre el Achiotte y Perspectivas para Costa Rica. Turrialba, 1983. Trabajos presentados. Editado por Jorge Arce. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. pp. 103-121.
19. _____ y SALAZAR, L. Variabilidad genética del rendimiento y algunas otras características del achiotte (*Bixa orellana* L.) In Aspectos sobre el Achiotte y Perspectivas para Costa Rica. Turrialba, 1983. Trabajos presentados. Editado por Jorge Arce. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. pp. 77-102.
20. GARCIA VILLAMAN, V. J. Enraizado de estacas de seis especies forestales con tres niveles de ácido Indolbutírico. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1974. 45 p.
21. HART, G. Bixin content of *Bixa orellana* in Papua and New Guinea. Papua and New Guinea Agricultural Journal 17(1):8-11. 1964.
22. HOLDRIDGE, L. Ecología basada en zonas de vida. Trad. de la 1 ed. inglesa por Humberto Jiménez Saa. San José, Costa Rica, IICA. 1978. 216 p.
23. INFORMATION SCIENCES/GENETIC RESOURCES PROGRAM. Data preparation manual. Boulder, University of Colorado, 1977. 69 p. (no. ts 76-9-1).
24. INGRAM, J. S. y FRANCIS, B. J. The annatto tree (*Bixa orellana* L.). A guide to its occurrence, cultivation, preparation and uses. Tropical Science 11(2):97-102. 1969.
25. INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES. Guidelines for developing descriptor lists. Rome, IBPGR, 1980. 13 p. (IBPGR no. AGPE: 80/44).
26. KENDRICK, W. B. Complexity and dependence in computer taxonomy. Taxon 14(5):141-154. 1965.

27. KORNERUP, A. y WANSCHER, J. H. Methuen handbook of colour. 3 ed. London, England, Eyre Methuen, 1978. 252 p.
28. LEOPOLD, A. C. Auxins and plant growth. Los Angeles, Ca., University of California, 1955. 354 p.
29. LIZANO, C. L. Estudio sobre el cultivo del achiote. San José, Costa Rica, Oficina del Café, 1969. 34 p.
30. MAHLSTEDDE, J. P. y HABER, E. S. Plant propagation, New York, Wiley, 1957. 413 p.
31. MORERA MONGE, J. A. Descripción sistemática de la "colección Panamá" de pejibaye (*Bactrus gasipaes* H. B. K.) del CATIE. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1981. 122 p.
32. MORSE, L. E., PETERS, J. A. y HAMEL, P. B. A general data format for summarizing taxonomic information. *Bio Science* 21:174-180. 1971.
33. MORTON, J. F. Can annatto (*Bixa orellana* L.), an old source of food color, meet new needs for safe dye. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 73:301-309. 1960.
34. PRIMO, E. y CUÑAT, P. Herbicidas y fitorreguladores. 2 ed. Madrid, Aguilar, 1968. 300 p.
35. RIVERA DE LEON, S. El cultivo del achiote. Guatemala, Ministerio de Agricultura, 1980. 16 p.
36. RIVERA ERAZO, R. El achiote: una promesa para El Salvador. 2 ed. Santa Tecla, El Salvador. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. Circular no. 80. 1973. 12 p.
37. RODRIGUEZ, G. y ENRIQUEZ, G. Estudio preliminar del desarrollo de ramas y la biología floral en *Bixa orellana*. In Aspectos sobre el Achiote y Perspectivas para Costa Rica, Turrialba, 1983. Trabajos presentados. Editado por Jorge Arce. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. pp. 58-76.
38. RODRIGUEZ, R. L. Apuntes y guía de laboratorio de botánica sistemática. 2 ed. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 1964. pp. 39-40.
39. ROGERS, D. J.; SNOAD, B. y SEIDWITZ, L. Documentation for genetic resources centers. In Frankel, O. y Hawkes, J., eds. Crop genetic resources for today and tomorrow. London, Cambridge University Press, 1975. pp. 399-405.

40. SANCHEZ M., R. El achiote. *Agricultura Tropical* (Colombia). 21(4): 224-227. 1965.
41. SEIDWITZ, L. Thesaurus für die internationale Standardisierung der Dokumentation von Genbanken. Teil VA. Auswahl von landlaufigen und wissenschaftlichen Namen pflanzlicher Krankheiten, Krankheitserreger und Schädlinge. Alemania, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL, Braunschweig, 1976. 276 p.
42. SHETLER, S. G. *et.al.* A guide for contributors to Flora North America (provisional edition). s.l., s. ed., 1973. (FNA Report 65).
43. SINGH DHALIWAL, T. *et.al.* Selecciones prometedoras de achiote para la siembra de pruebas comerciales en Puerto Rico. Puerto Rico. Estación Experimental Agrícola. Publicación miscelánea no. 61. 1965. 16 p.
44. VALLEJO, F. A.; CARDENAS, L. y ROJAS, R. H. Asociaciones fenotípicas del rendimiento y sus componentes en achiote, *Bixa orellana* L. *Acta Agronómica* (Colombia) 31(1/4):5-23. 1981.
45. _____; ESCOBAR, O. H. y GOMEZ, C. A. Variabilidad fenotípica de los componentes del rendimiento y otros caracteres cuantitativos de *Bixa* sp. *Acta Agronómica* (Colombia) 31(1/4):25-34. 1981.
46. VASTEY, J. DE. Estudios sobre propagación de especies forestales por estacas. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1962. 67 p.
47. ZANONI MENDIBURU, C. A. Propagación vegetativa por estacas de ocho especies forestales. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1975. 100 p.

A P E N D I C E

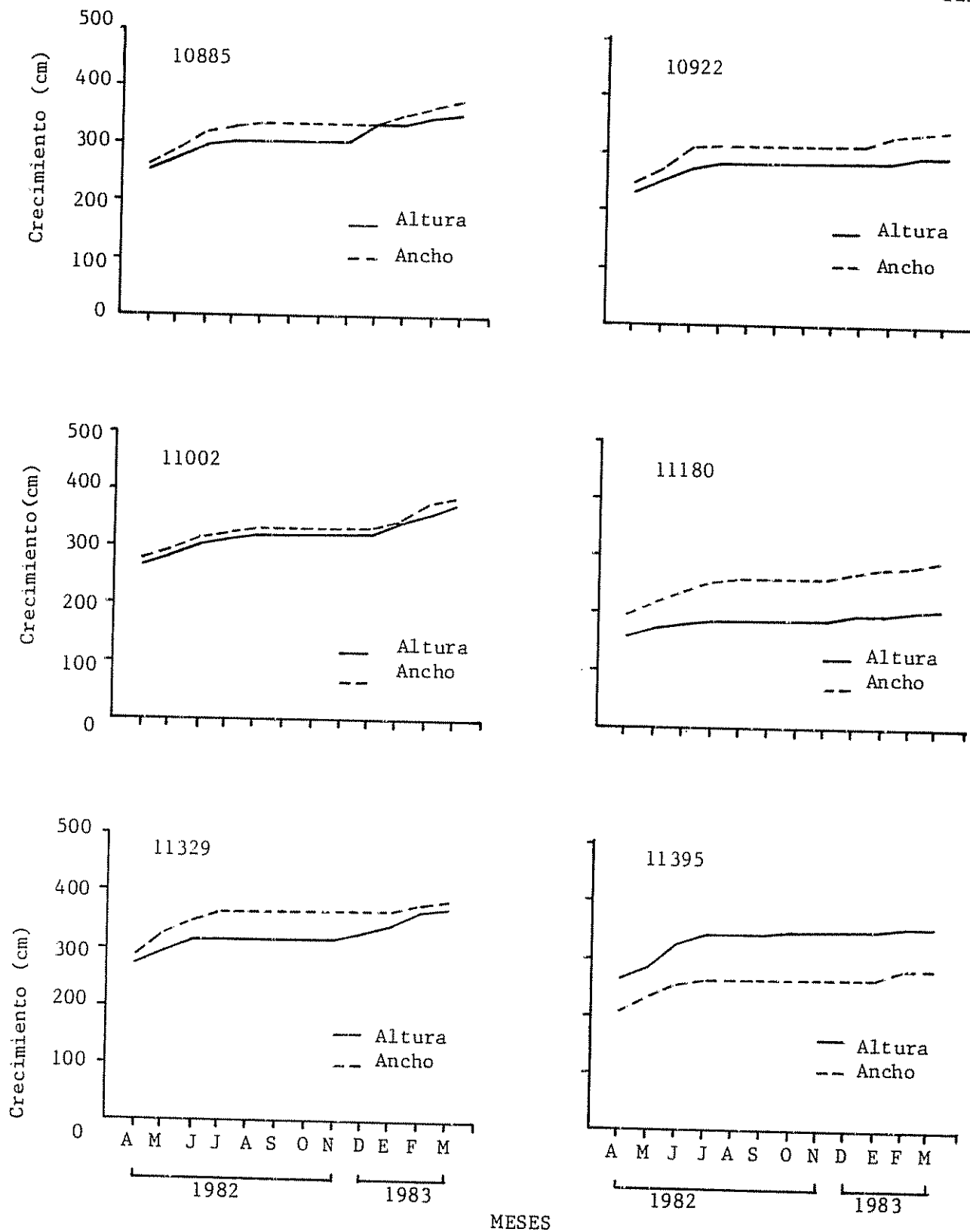


Fig. 1A. Promedios de crecimiento de altura y ancho de las plantas, por número de introducción y por mes, durante el período de observación. 1983.

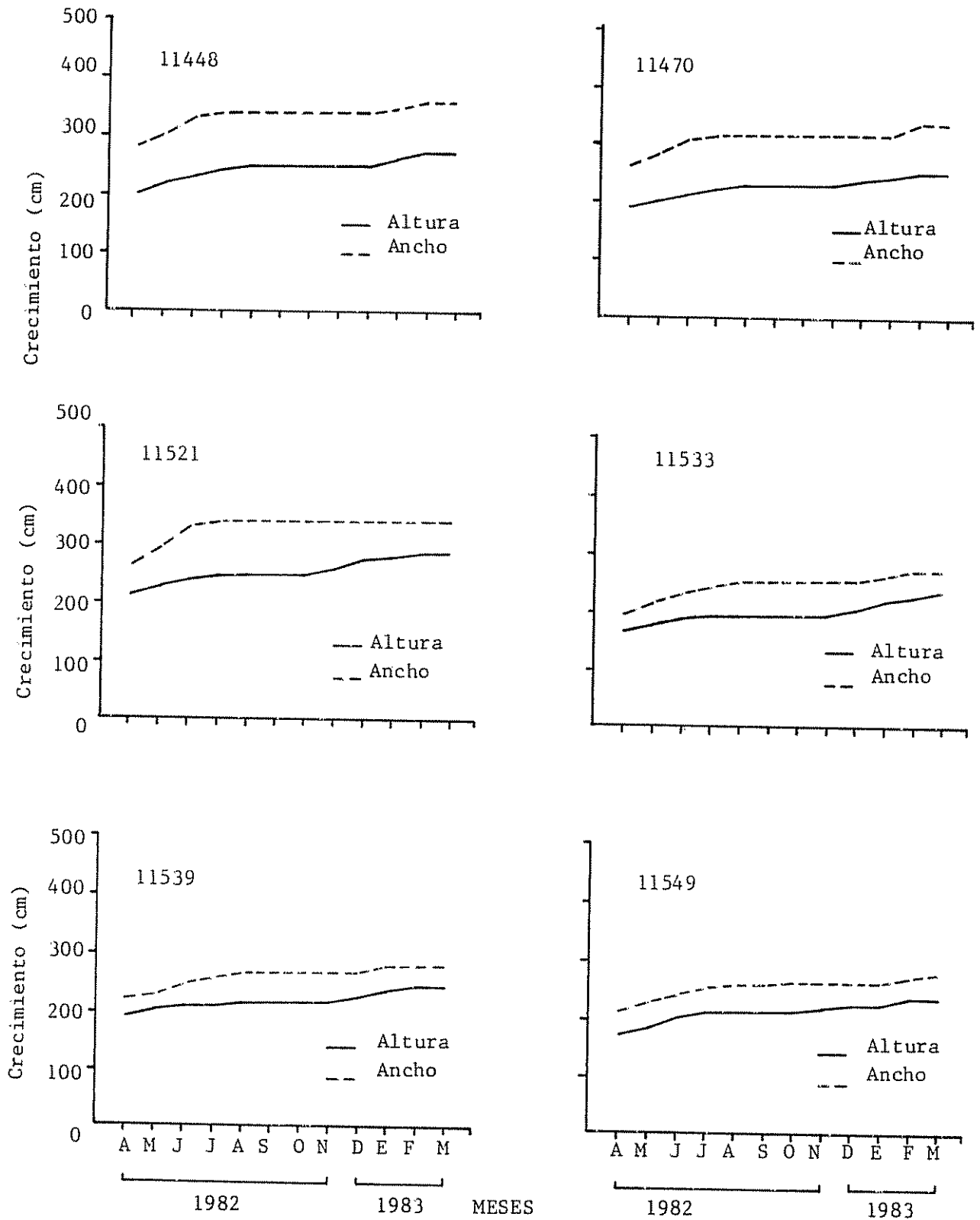


Fig. 1A. Continuación...

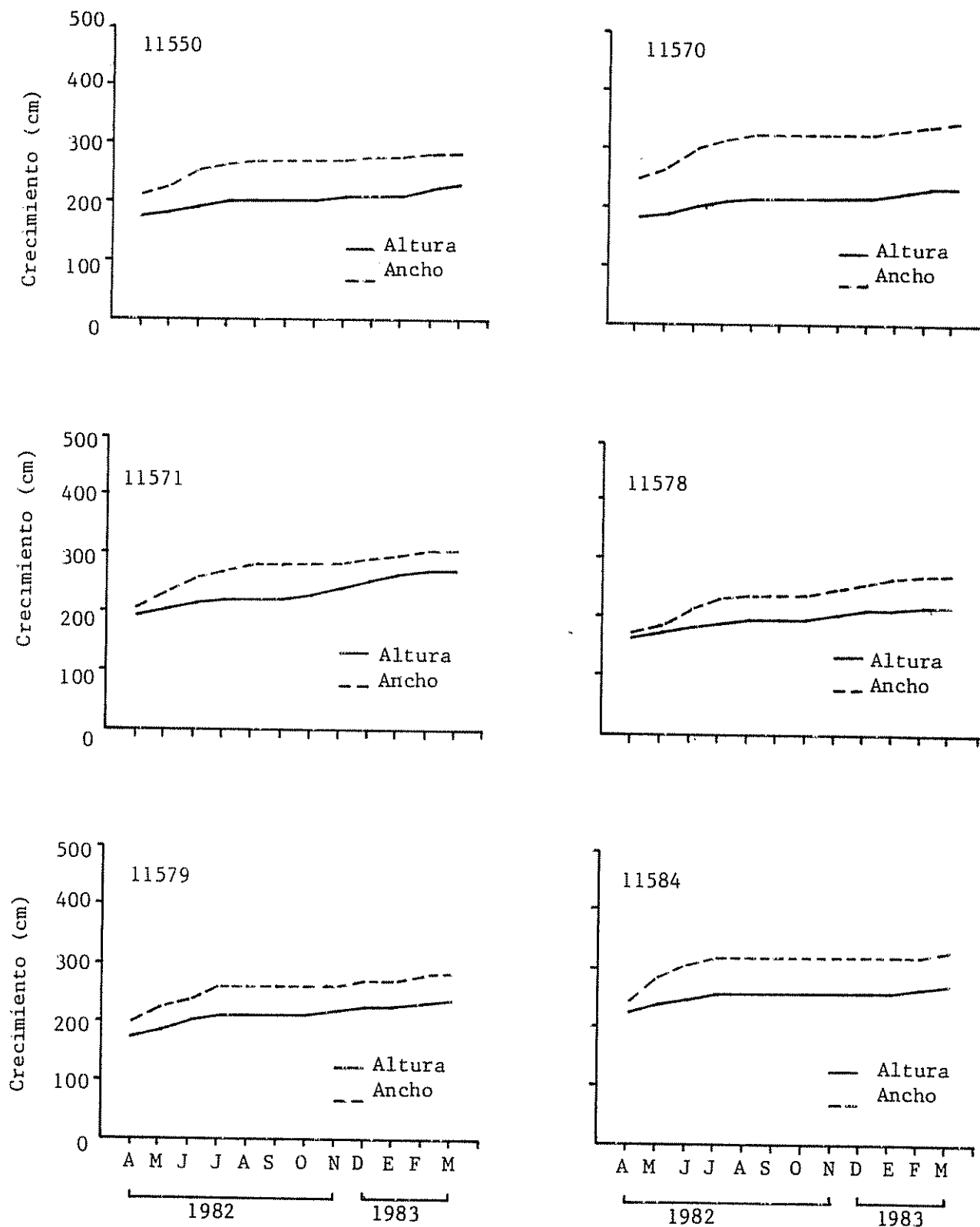


Fig. 1A. Continuación...

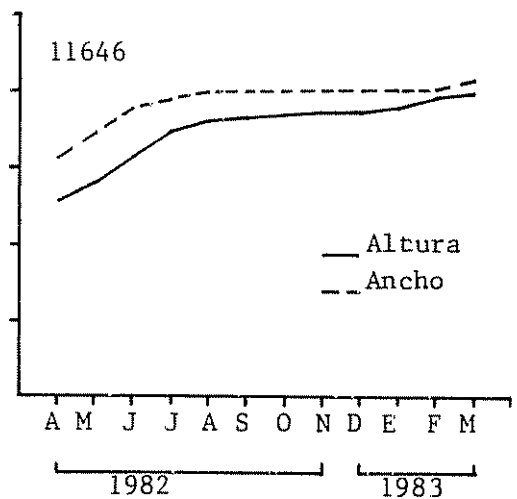
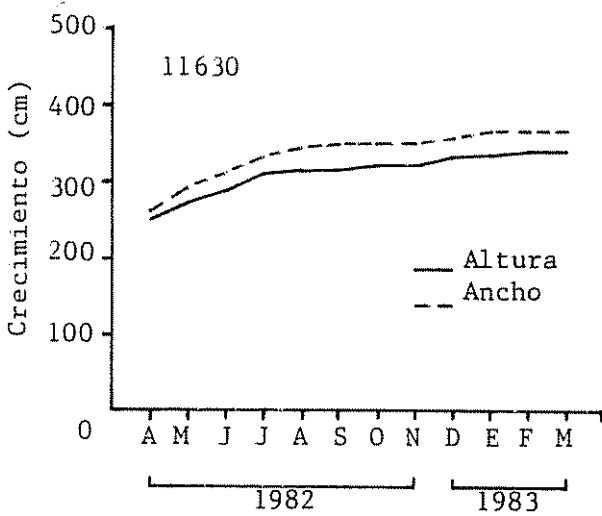
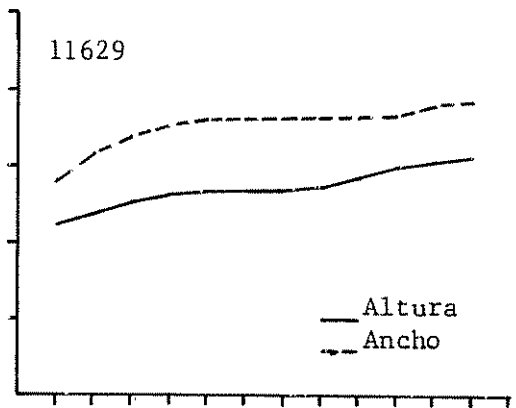
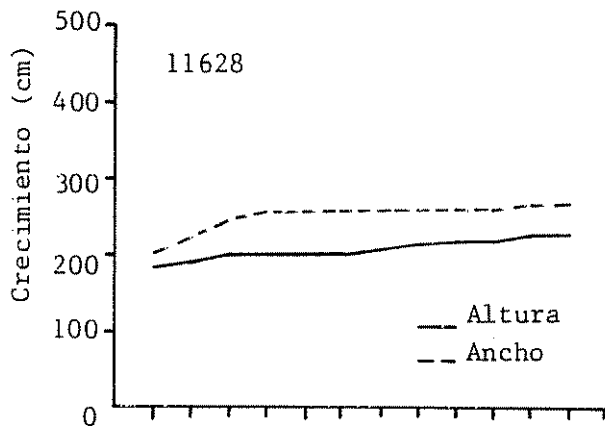
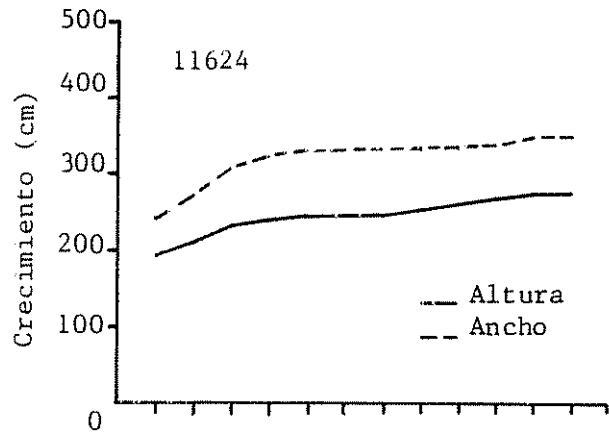


Fig. 1A. Continuación...

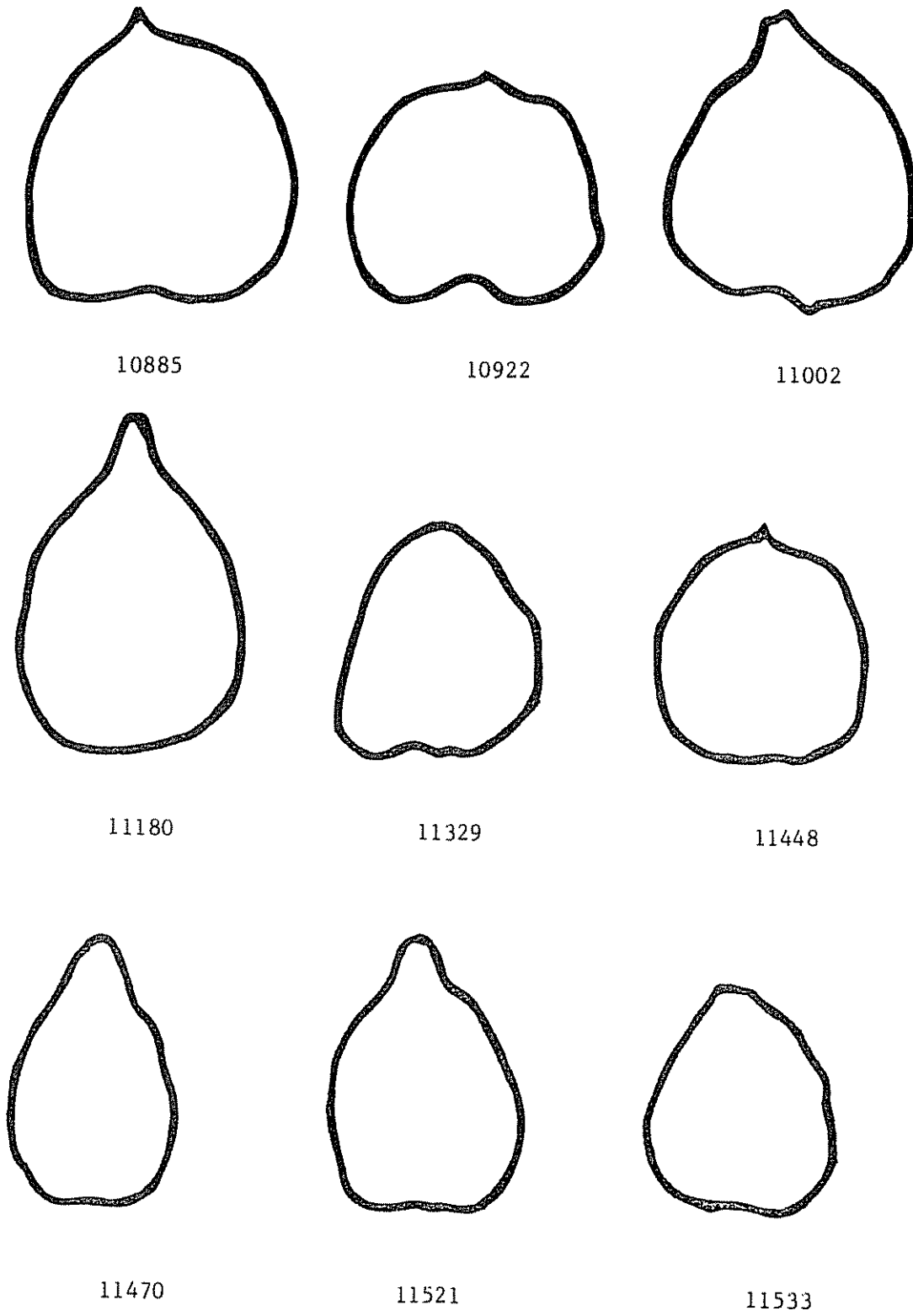
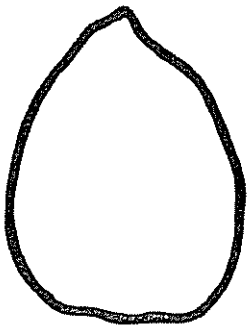
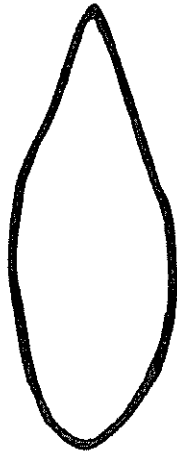


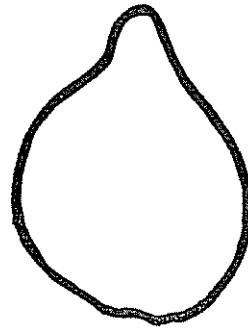
Fig. 2A. Dibujos de cápsulas de la colección de achiote. 1983.



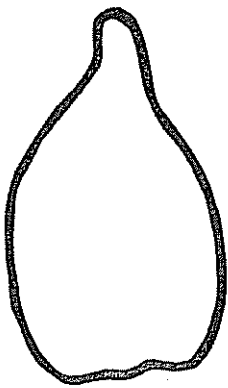
11539



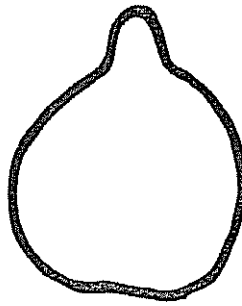
11549



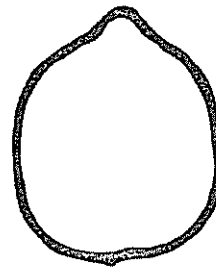
11550



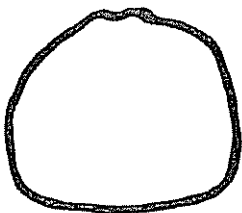
11570



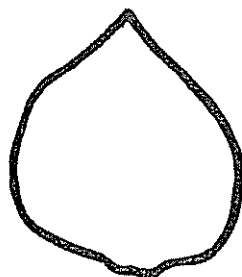
11571



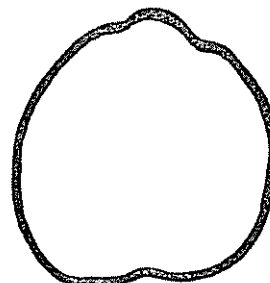
11578



11579

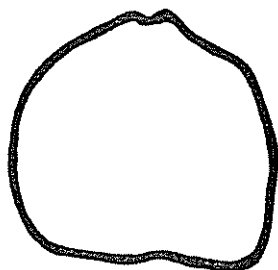


11584

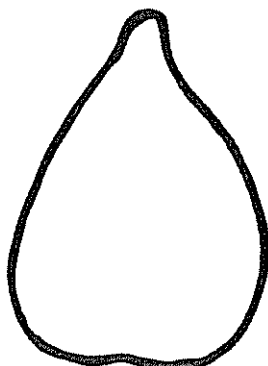


11624

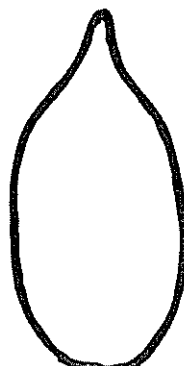
Fig. 2A. Continuación...



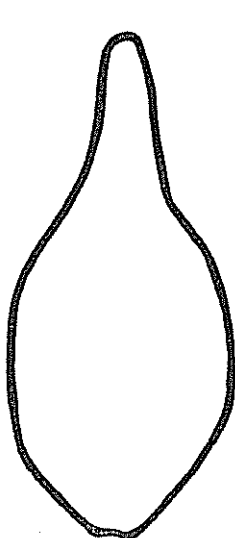
11628



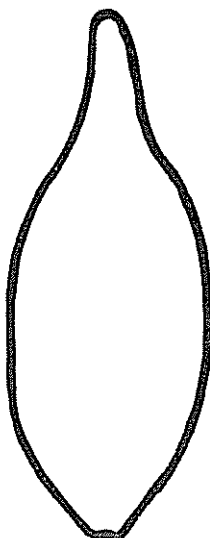
11629



11630



11646



11395

Fig. 2A. Continuación...

Cuadro 1A. Datos pedológicos, químicos y físicos del suelo donde está plantada la colección de achiote. CATIE, Turrialba. 1983.

Datos Pedológicos	Análisis Químicos										Análisis Físicos						
	Prof. (cm)	pH	M.O %	N Total %	P µg/ml	K	Ca	Mg meq/100g	Cu	Zn µg/ml	Mn	Fe	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura %	
Pendiente: 0 a 3 %	0-20	5,7	12,22	0,56	7,62	0,22	0,75	0,26	6,9	2,8	7,8	224	39,1	41,3	19,6	Franco	
Erosión: Ninguna																	
Pedregosidad: 1 a 2 %																	
Drenaje: Moderado																	
Nivel freático: 100 a 110 cm																	
Profundidad: Moderadamente profundo	20-40	4,6	5,7	0,31	1,1	0,03	3,8	0,68	9,7	2,5	5,3	255	45,0	32,5	22,5	Franco	

Los datos pedológicos fueron tomados del estudio realizado por Aguirre (1).

Los análisis químicos y físicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos del CATIE.

Los elementos P, K, Cu, Zn, Mn y Fe fueron extraídos con solución de Olsen modificada. El Ca y el Mg fueron extraídos con KCl 1 N.

Cuadro 2A. Resumen mensual de los datos meteorológicos desde enero 1982 hasta diciembre 1983, tomados en la Estación Meteorológica del CATIE. 1983

Mes	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)			Humedad Relat. (%)		Radiación (cal/cm ²)	
	Máx. abs.	Mín. abs.	Total mensual	Prom. diario	Días con lluvia	Total mensual	Prom. diario	Total mensual	Prom. diario
1982									
Enero	28,7	14,3	58,4	1,9	15	2590,7	83,5	413107	422,8
Febrero	28,6	14,2	42,7	1,5	10	2305,9	82,3	13605	485,9
Marzo	29,7	15,2	67,5	2,2	12	2526,6	81,5	16344	527,2
Abril	30,0	15,0	51,5	1,7	16	2510,2	83,6	14798	493,3
Mayo	30,1	17,2	207,9	6,7	25	2620,6	84,5	14307	461,5
Junio	30,0	17,6	304,5	10,2	25	2619,8	87,3	13137	437,9
Julio	29,0	17,0	531,0	17,1	26	2793,5	90,1	11112	358,4
Agosto	29,0	17,5	319,6	10,3	28	2767,5	89,2	11973	386,2
Setiembre	28,8	17,3	222,0	7,4	24	2635,6	87,8	13128	437,6
Octubre	31,0	17,0	417,0	13,4	28	2791,9	90,0	11415	368,2
Noviembre	28,2	15,0	168,9	5,6	19	2673,1	89,1	11392	379,7
Diciembre	28,7	15,0	85,0	2,7	23	2796,8	90,2	10761	347,1
TOTAL	----	----	2475,4	----	251	----	----	155079	----
PROMEDIO	----	----	206,3	----	20,9	2636,0	86,6	12932,2	425,5
1983									
Enero	29,5	14,0	130,4	4,2	17	2725,5	87,9	12111	390,7
Febrero	30,5	14,6	34,5	1,2	12	2372,2	84,7	12402	442,9
Marzo	30,5	16,0	218,0	7,0	15	2658,4	85,7	13875	447,6
Abril	30,6	16,5	8,8	0,3	8	2497,2	83,2	16179	539,3
Mayo	30,2	16,6	350,2	11,3	21	2722,2	87,8	13881	447,8
Junio	30,0	16,4	226,0	7,5	23	2626,0	87,5	13291	443,0
Julio	31,5	18,4	203,9	6,6	26	2726,6	87,8	12193	393,3
Agosto	29,3	17,1	227,2	7,3	30	2727,3	88,0	13587	438,3
Setiembre	29,0	17,5	314,3	10,5	24	2626,5	87,6	14046	468,2
Octubre	28,5	17,5	438,7	14,2	26	2782,4	89,8	13065	421,5
Noviembre	32,0	17,0	132,9	4,4	23	2673,2	89,1	11505	383,5
Diciembre	28,2	13,5	110,6	3,6	20	2693,6	86,9	10885	351,1
TOTAL	----	----	2395,5	----	245	----	----	157020	----
PROMEDIO	----	----	199,6	----	20,4	2652,6	87,2	13085	430,6

Cuadro 3A. Materiales e instrumentos utilizados en la caracterización de 81 plantas de achiote. 1983.

Bolsas plásticas para recoger las panículas con 1 y 2 cápsulas.
Sacos de yute para recoger la totalidad de las panículas.
Tijeras podadoras para efectuar la cosecha.
Calibrador "Vernier" con exactitud de 1 mm para medir frutos.
Regla graduada en cm para medir la altura y ancho de las plantas.
Lápices y colillas.
Balanza electrónica con precisión de 0,1 g (pesar semillas).
Cámara fotográfica.
Libro "Methuen Handbook of colour" (codificar colores).
Calculadora manual.
Computadora (análisis estadísticos).
Listas de formularios para recopilar los datos.
Escaleras para medir las plantas y recolectar las panículas.

Cuadro 4A. Formulario empleado en la recolección de datos de 81 plantas de achote. 1983.

Número introducción _____

Fecha _____

Planta	Estado fisiológico
Tallo	<u>Corticium salmonicolor</u>
Panículas	Total recolectadas
	Con 1 cápsula
	Con 2 cápsulas
	Exposición
Frutos (cápsulas)	Total recolectadas
	Frutos por panícula (\bar{x})
	<u>Oidium bixae</u>
	<u>Leptoglossus zonatus</u>
	Lepidoptero
	Longitud en cm (\bar{x})
	Ancho en cm (\bar{x})
	Grosor en cm (\bar{x})
	Longitud p+a en cm (\bar{x})
	Relac. long p+a/long. fruto
	Relac. grosor ancho
	Color
	Espinosidad
	Longitud espinas
Dehiscencia fruto maduro	
Dehiscencia fruto seco	
Forma ápice fruto	
Forma base fruto	
Hojas	<u>Oidium bixae</u> <u>Cercospora bixae</u>
Flor	Color
Semillas	Semillas por fruto
	Peso húmedo 100 sem.
	Peso seco 100 sem.
	Porcentaje bixina
	Porcentaje aceite
	Rend. sem. seca (kg/pl)

Cápsulas									
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Grosor (cm)						
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
Σ									
\bar{x}									
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:33%;">Peso recip. (g)</td> <td style="width:33%;">Peso recip+ sem.húm. (g)</td> <td style="width:33%;">Peso recip+ sem.seca (g)</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>				Peso recip. (g)	Peso recip+ sem.húm. (g)	Peso recip+ sem.seca (g)			
Peso recip. (g)	Peso recip+ sem.húm. (g)	Peso recip+ sem.seca (g)							
Observaciones									

Cuadro 5A. Caracterización de enfermedades y plagas de 81 plantas de achote de la colección del CATIE, Turrialba, en el período abril 1982-marzo 1983.

Número introducción	Tallo		Ramas		Hojas		Frutos		Lepidóptero*
	Corticium	Oidium	Oidium	Cercospora	Oidium	Oidium	Oidium	Leptoglossus	
10885-1	7	0	0	1	0	1	0	1	+
-2	0	0	0	3	0	1	0	1	+
-3	0	0	0	1	0	1	0	1	+
-4	0	0	0	1	0	1	0	1	+
-5	0	0	7	0	3	1	3	1	+
10922-1	0	0	9	0	9	3	9	3	+
-2	0	0	3	0	9	3	9	3	+
-3	7	0	9	0	9	3	9	3	+
-4	0	0	9	0	9	3	9	3	+
-5	0	0	7	0	9	3	9	3	+
-6	0	0	9	0	9	3	9	3	+
11002-1	0	0	0	1	0	3	0	3	+
-3	0	0	0	3	0	3	0	3	+
-4	0	0	0	3	0	3	0	3	+
11180-1	0	0	9	0	9	7	9	7	+
-3	0	0	9	0	9	3	9	3	+
-4	0	0	9	1	3	3	3	3	+
11329-1	0	0	3	1	1	3	1	3	+
-2	0	0	3	1	0	3	0	3	+
-3	0	0	3	1	1	3	1	3	+
-4	0	0	3	1	1	3	1	3	+
-5	0	0	3	1	1	3	1	3	+
11395-2	3	1	1	0	3	1	3	1	0
-3	1	0	3	0	3	1	3	1	0
-4	7	0	3	0	3	1	3	1	0
-5	3	0	3	0	3	1	3	1	0
-6	1	0	7	0	3	1	3	1	0
11448-1	0	0	9	7	7	1	7	1	+
-2	0	0	9	7	7	1	7	1	+
-3	0	0	9	7	7	1	7	1	+
-4	0	0	9	7	7	1	7	1	+

* No identificado hasta la fecha.

Cuadro 5A. Continuación...

Número introducción	Tallo		Ramas		Hojas		Frutos	
	<u>Corticium</u>	<u>Oidium</u>	<u>Cercospora</u>	<u>Oidium</u>	<u>Oidium</u>	<u>Leptoglossus</u>	<u>Oidium</u>	<u>Lepidóptero</u>
11470-1	0	9	1	7	3	+	+	+
-2	0	9	1	7	3	+	+	+
-3	0	9	1	7	7	+	+	+
-4	0	9	1	7	7	+	+	+
-5	0	9	1	9	7	+	+	+
11521-1	9	9	1	9	9	0	0	+
-2	0	9	0	9	9	0	0	+
-3	0	9	1	9	9	0	0	+
11533-1	0	9	0	7	3	+	+	+
-2	0	1	0	7	3	+	+	+
11539-2	0	7	0	7	3	+	+	+
-3	0	9	0	7	3	+	+	+
11549-1	0	9	1	3	3	0	0	+
-2	1	3	1	3	3	0	0	+
-3	0	9	1	3	3	0	0	+
-4	1	7	1	3	3	0	0	+
-5	0	9	1	3	3	0	0	+
-6	0	9	1	3	3	0	0	+
11550-1	0	9	3	3	3	+	+	+
11570-1	0	9	0	7	7	0	0	+
11571-1	0	9	0	1	0	0	0	+
-4	0	9	1	3	0	0	0	+
11578-2	0	7	1	3	1	+	+	0
11579-1	0	9	0	7	1	+	+	+
-2	0	9	0	7	1	+	+	+
-3	0	9	0	7	1	+	+	+
-4	0	9	0	7	1	+	+	+
-5	0	9	0	7	1	+	+	+
11584-1	0	9	7	7	1	+	+	+
-2	7	9	7	7	1	+	+	+
-3	0	9	7	7	3	+	+	+
-4	0	9	7	7	3	+	+	+

Cuadro 5A. Continuación...

Número introducción	Tallo		Ramas		Hojas		Frutos	
	<u>Corticium</u>	<u>Oidium</u>	<u>Cercospora</u>	<u>Oidium</u>	<u>Oidium</u>	<u>Leptoglossus</u>	<u>Oidium</u>	<u>Lepidóptero</u>
11624-2	0	9	0	9	7	0	0	0
-3	0	9	0	9	9	0	0	0
-4	0	9	0	9	7	0	0	0
11628-1	0	9	0	7	9	0	0	0
11629-2	0	3	0	9	9	0	0	0
-4	0	3	0	7	9	0	0	0
-5	0	7	0	7	9	0	0	0
11630-1	0	7	0	1	9	0	+	+
-2	0	9	1	1	9	+	+	+
-3	0	9	1	3	9	+	+	+
-4	0	9	1	3	9	+	+	+
-5	0	9	1	3	9	+	+	+
11646-1	0	3	0	1	3	0	0	0
-2	0	1	0	0	0	0	0	0
-3	0	1	0	1	1	0	0	0
-4	0	1	0	0	0	0	0	0
-5	0	7	0	3	3	0	0	0
-6	0	3	0	0	0	0	0	0

Cuadro 6A. Exposición de panículas, color de flor, color y espinosidad de la cápsula, longitud de las espinas, forma de la cápsula y dehiscencia de 81 plantas de achiotte caracterizadas en el período abril 1982-marzo 1983.

Número introducción	Exposición panículas	Color Flor	Color cápsula	Espinosis cápsula	Longitud espinas	Forma cápsula	Forma		Dehiscencia	
							Apice	Base	Seca	Madura
10885-1	5	1A1	30B7	9	9	CONICA	4	3	0	0
2	5	1A1	30D7	9	9	CONICA	4	3	0	0
3	5	1A1	30D7	9	9	CONICA	4	3	0	0
4	5	1A1	30D6	9	9	CONICA	4	3	0	0
5	5	1A1	30D7	9	9	CONICA	4	3	0	0
10922-1	5	1A1	3F6	9	9	CONICA	1	3	0	0
-2	5	1A1	3F6	9	9	CONICA	1	3	0	0
-3	5	1A1	3F6	9	9	CONICA	1	3	0	0
-4	5	1A1	29D7	9	9	CONICA	1	3	0	0
-5	5	1A1	30B7	9	9	CONICA	1	3	0	0
-6	5	1A1	29D6	9	9	CONICA	1	3	0	0
11002-1	7	1A1	30D7	9	9	CONICA	4	1	0	0
3	7	1A1	30D7	9	9	CONICA	4	1	0	0
4	7	1A1	30D6	9	9	CONICA	4	1	0	0
11180-1	5	12A2	1D6	3	9	CONICA	4	1	0	0
-3	5	13A3	30A6	7	9	CONICA	4	1	0	0
-4	5	13A3	30A6	7	9	CONICA	4	1	0	0
11329-1	5	1A1	29B6	9	7	OVOIDE	4	1	0	0
-2	5	1A1	30A7	9	9	HEMISFERICA	1	3	+	0
-3	5	1A1	29D8	9	7	HEMISFERICA	1	3	+	0
-4	5	1A1	1D7	9	9	HEMISFERICA	1	3	+	0
-5	5	1A1	1D6	9	9	HEMISFERICA	1	3	+	0
11395-2	5	13A4	4A6	0	0	CONICA	4	1	0	0
-3	5	13A3	4A6	0	0	CONICA	4	1	0	0
-4	7	13A3	4A6	0	0	CONICA	4	1	0	0
-5	7	13A3	4A6	0	0	CONICA	4	1	0	0
-6	7	13A3	4A6	0	0	CONICA	4	1	0	0
11448-1	5	12A3	9D6	7	9	HEMISFERICA	3	1	0	0
-2	5	12A3	9D6	7	9	HEMISFERICA	4	1	0	0
-3	5	12A3	9D6	7	9	HEMISFERICA	4	1	0	0
-4	5	12A3	9D5	7	9	HEMISFERICA	4	1	0	0

Cuadro 6A. Continuación...

Número introducción	Exposición panículas	Color Flor	Color cápsula	Espinosidad cápsula	Longitud espinas	Forma cápsula	Forma		Dehiscencia Seca Madura
							Apice	Base	
11470-1	7	13A2	8E6	3	1	OVOIDE	3	1	0
-2	5	13A2	8D7	3	1	OVOIDE	3	1	0
-3	7	13A2	8D7	3	1	OVOIDE	3	1	0
-4	5	13A2	9D7	1	1	OVOIDE	3	1	0
-5	5	13A2	8D6	1	1	OVOIDE	3	1	0
11521-1	3	13A2	10D5	0	0	OVOIDE	4	2	0
-2	3	13A3	10D6	1	1	OVOIDE	4	2	0
-3	5	12A3	10D5	0	0	OVOIDE	4	2	0
11533-1	5	1A1	30C7	3	3	OVOIDE	2	1	0
-2	5	12A3	30C7	3	3	OVOIDE	2	1	0
11539-2	5	1A1	29C7	3	7	OVOIDE	2	1	0
-3	5	1A1	30C5	3	7	OVOIDE	2	1	0
11549-1	7	13A3	10E7	9	1	CONICA	4	1	0
-2	7	13A3	10E6	9	1	CONICA	4	1	0
-3	7	13A3	9E6	9	1	CONICA	4	1	0
-4	7	13A3	10D7	7	1	CONICA	4	1	0
-5	7	13A3	10E8	1	1	CONICA	4	1	0
-6	7	13A3	10E7	7	1	CONICA	4	1	0
11550-1	5	12A3	10D8	9	9	OVOIDE	4	1	0
11570-1	5	13A3	10D8	7	3	OVOIDE	4	2	0
11571-1	5	13A3	11A6	9	9	OVOIDE	4	1	0
-4	5	13A3	29A5	7	9	HEMISFERICA	4	1	0
11578-2	5	1A1	1E5	3	7	HEMISFERICA	4	1	0
11579-1	5	1A1	30D7	9	9	HEMISFERICA	4	1	0
-2	5	1A1	30D8	9	9	HEMISFERICA	1	1	+
-3	5	1A1	30D7	9	9	HEMISFERICA	1	1	+
-4	5	1A1	30A6	9	9	HEMISFERICA	1	1	+
-5	5	1A1	30D7	9	9	HEMISFERICA	1	1	+
11584-1	5	13A2	7D8	9	7	HEMISFERICA	4	3	0
-2	5	13A2	7D7	9	7	HEMISFERICA	4	3	0
-3	5	13A2	1D6	9	7	HEMISFERICA	4	3	0
-4	5	13A2	1D6	9	9	HEMISFERICA	4	3	0
11624-2	7	12A2	11E6	3	9	HEMISFERICA	1	1	+
-3	7	12A2	11D5	3	9	HEMISFERICA	1	1	+
-4	7	12A2	11D5	3	9	HEMISFERICA	1	1	+

Cuadro 6A. Continuación...

Número introducción	Exposición panículas	Color Flor	Color cápsula	Espinosidad cápsula	Longitud espinas	Forma cápsula	Forma		Dehiscencia	
							Apice	Base	Seca	Madura
11628-1	5	12A3	2E6	3	3	CONICA	1	2	+	0
11629-2	5	13A4	10D7	1	1	OVOIDE	4	1	0	0
-4	5	13A4	10D7	0	1	OVOIDE	4	1	0	0
-5	5	13A4	10C7	1	1	OVOIDE	4	1	0	0
11530-1	5	14A3	10E6	7	7	CONICA	4	1	0	0
-2	5	14A3	10E6	7	7	CONICA	4	1	0	0
-3	5	14A4	11D7	9	7	CONICA	4	1	0	0
-4	5	14A3	11D7	9	7	CONICA	4	1	0	0
-5	7	14A3	10E6	9	7	CONICA	4	1	0	0
11646-1	5	13A3	2D5	7	3	CONICA	4	1	0	0
-2	7	13A3	2D5	7	9	CONICA	4	1	+	0
-3	5	13A3	10E6	7	3	CONICA	4	1	0	0
-4	7	13A3	2D8	7	7	CONICA	4	1	0	0
-5	5	13A3	29B8	7	3	CONICA	4	1	0	0
-6	5	13A3	11D7	9	7	CONICA	4	1	0	0

Cuadro 7A. Número de panículas, frutos por planta, frutos por panícula, frutos por panícula, semillas por fruto, peso seco de 100 semillas y producción total de semilla seca de 81 plantas de achiote caracterizadas en el período abril 1982-marzo 1983.

Número introducción	Panículas por planta	Frutos por planta	Frutos por panícula	Semillas por fruto	Peso seco 100 sem. (g)	Prod. total (kg/planta) Sem. seca
10885-1	26	400	15	32	1,7	0,22
-2	32	490	15	33	1,9	0,32
-3	39	680	17	32	1,9	0,42
-4	24	270	11	36	1,9	0,19
-5	138	1238	9	35	1,2	0,52
10922-1	201	1560	7	33	1,1	0,58
-2	220	1923	8	37	1,1	0,78
-3	186	1979	10	36	1,3	0,95
-4	210	2130	10	32	1,5	1,03
-5	232	2865	12	35	1,5	1,51
-6	197	2200	11	35	1,4	1,08
11002-1	168	1610	9	30	2,0	0,97
-3	9	93	10	27	1,5	0,04
-4	8	154	19	27	1,9	0,10
11180-1	312	727	2	31	1,8	0,41
-3	7	39	5	26	1,3	0,01
-4	860	6769	7	52	1,7	5,98
11329-1	217	3753	17	29	1,7	1,85
-2	182	2671	14	26	2,0	1,41
-3	257	3926	15	33	2,0	2,67
-4	138	2429	17	33	1,6	1,28
-5	215	4342	20	28	2,0	2,46
11395-2	98	1036	10	25	2,1	0,56
-3	230	1820	7	31	1,9	1,08
-4	116	1257	10	32	2,1	0,85
-5	162	1664	10	30	2,6	1,30
-6	194	2451	12	32	2,0	1,57

Cuadro 7A. Continuación...

Número introducción	Panículas por planta	Frutos por planta	Frutos por panícula	Semillas ^m por fruto	Peso seco 100 sem.(g)	Prod. total (kg/planta) Sem. seca
11448-1	409	1397	3	37	1,3	0,67
-2	543	2228	4	34	1,6	1,21
-3	380	1080	2	34	1,3	0,48
-4	283	1110	3	35	1,4	0,55
11470-1	289	848	2	32	1,4	0,38
-2	250	707	3	35	1,4	0,35
-3	391	1263	3	34	1,9	0,81
-4	580	1035	1	39	1,5	0,61
-4	85	160	1	34	1,4	0,07
11521-1	296	839	2	33	1,2	0,33
-2	240	2316	9	41	1,3	1,23
-3	73	283	3	26	1,8	0,13
11533-1	186	2432	13	37	2,0	1,80
-2	28	134	4	16	1,8	0,04
11539-2	190	3310	17	32	2,3	2,44
-3	93	465	5	33	0,5	0,08
11549-1	388	1688	4	33	2,3	1,29
-2	739	2418	3	40	2,6	2,54
-3	416	1443	3	32	2,1	0,97
-4	74	410	5	41	3,2	0,55
-5	160	603	3	30	1,8	0,33
-6	333	1680	5	35	2,0	1,18
11550-1	277	1718	6	40	1,5	1,07
11570-1	424	827	1	23	1,6	0,30
11571-1	304	2253	7	28	1,4	0,89
-4	296	2113	7	30	1,8	1,16
11578-2	235	774	3	27	1,2	0,25
11579-1	273	1952	7	32	1,9	1,19
-2	293	2971	10	32	1,7	1,62
-3	205	2835	13	38	1,3	1,41
-4	70	533	7	30	1,3	0,21
-5	187	1917	10	32	0,8	0,49

Cuadro 7A. Continuación...

Número introducción	Panículas por planta	Frutos por planta	Frutos por panícula	Semillas por fruto	Peso seco 100 sem.(g)	Prod. total (kg/planta) Sem. seca
11584-1	139	303	2	30	1,2	0,11
-2	260	482	1	24	0,9	0,11
-3	190	659	3	27	1,6	0,28
-4	134	557	4	29	1,7	0,27
11624-2	345	828	2	35	1,2	0,35
-3	184	428	2	36	1,4	0,22
-4	104	244	2	35	1,4	0,12
11628-1	187	509	2	32	1,2	0,19
11629-2	429	3357	7	26	1,5	1,81
-4	424	5173	12	23	1,5	1,15
-5	779	4006	5	24	1,2	2,24
11630-1	605	2861	4	46	1,7	1,20
-2	225	1500	6	40	2,0	1,26
-3	531	1809	3	41	1,7	2,74
-4	570	3571	6	40	1,9	2,75
-5	467	2572	5	48	2,2	0,23
11646-1	222	451	2	31	1,6	1,29
-2	486	1856	3	48	1,4	1,48
-3	577	1897	3	38	2,0	0,95
-4	708	1282	1	41	1,8	1,82
-5	783	2904	3	33	1,9	1,82
-6	936	4172	4	40	2,0	3,34

Cuadro 8A. Contenidos de bixina y de aceite, longitud, ancho, grosor y longitud de la parte más amplia (pta) del fruto de 81 plantas de achote caracterizadas en el período abril 1982-marzo 1983.

Número introducción	Contenido Bixina (%)	Contenido Aceite (%)	Longitud fruto (cm)	Ancho fruto (cm)	Grosor fruto (cm)	Long. p + a fruto (cm)
10885-1	2,0	5,1	4,4	4,1	2,7	2,4
-2	2,1	6,2	4,4	4,2	2,7	2,6
-3	3,4	4,9	3,9	3,9	2,6	2,3
-4	2,8	5,0	4,3	4,3	2,7	1,6
-5	2,4	4,2	3,4	3,7	2,6	2,1
10922-1	3,1	6,3	3,5	3,5	2,5	0,9
-2	2,8	7,0	3,2	3,5	2,6	1,1
-3	3,1	3,8	3,0	3,4	2,6	1,2
-4	2,7	7,9	3,1	3,5	2,5	1,0
-5	3,5	13,6	3,2	3,1	2,0	1,3
-6	3,4	5,1	2,9	3,1	2,4	1,2
11002-1	2,2	5,4	4,4	3,7	2,6	1,3
-3	3,1	6,5	4,1	3,5	2,4	1,4
-4	4,5	5,0	3,7	3,7	2,4	1,4
11180-1	2,9	3,5	3,4	2,4	1,5	0,9
-3	3,5	7,3	3,5	2,2	1,6	1,1
-4	3,0	7,3	4,5	2,9	1,9	1,5
11329-1	3,4	7,7	3,2	3,1	2,3	1,1
-2	3,2	7,2	3,0	3,4	2,6	1,2
-3	3,9	6,3	3,3	3,5	2,5	1,2
-4	4,2	8,5	2,8	3,1	2,1	1,4
-5	3,7	7,4	2,8	3,0	2,2	1,3
11395-2	4,4	4,3	5,7	1,8	1,4	3,0
-3	3,7	5,7	6,1	1,9	1,6	2,7
-4	4,5	8,2	6,0	1,9	1,6	2,5
-5	4,4	7,3	6,0	2,0	1,6	3,0
-6	4,5	6,6	5,9	1,9	1,4	2,7
11448-1	4,1	7,4	4,0	3,9	2,1	1,9
-2	3,1	7,6	4,2	3,9	2,0	2,3
-3	2,8	4,8	4,0	3,9	2,0	2,0
-4	3,0	4,8	3,4	3,4	1,9	2,0

Cuadro 8A. Continuación...

Número introducción	Contenido Bixina (%)	Contenido Aceite (%)	Longitud fruto (cm)	Ancho fruto (cm)	Grosor fruto (cm)	Long. p + a fruto (cm)
11470-1	3,2	4,2	3,9	2,1	1,9	2,2
-2	4,9	5,2	4,1	2,3	1,9	1,2
-3	3,6	5,0	3,9	2,3	2,0	1,4
-4	4,1	5,2	4,0	2,2	2,0	1,6
-5	3,9	6,8	3,8	2,2	2,0	1,8
11521-1	3,7	6,2	4,1	2,4	2,0	2,3
-2	4,5	6,7	4,2	2,6	1,9	1,8
-3	5,0	4,3	3,9	2,3	1,9	1,6
11533-1	3,3	7,6	3,7	2,5	1,8	0,9
-2	3,4	7,9	2,8	2,1	1,9	1,0
11539-2	3,5	7,4	3,3	2,6	1,9	1,8
-3	3,2	6,8	2,3	2,7	1,9	1,9
11549-1	1,6	6,8	5,8	1,7	1,5	2,4
-2	5,4	11,1	4,3	1,9	1,6	2,3
-3	5,8	7,4	4,9	1,8	1,5	2,3
-4	4,4	8,5	5,3	2,2	1,8	2,1
-5	5,2	9,9	5,0	1,8	1,4	1,9
-6	5,2	9,1	5,3	1,8	1,5	1,7
11550-1	5,6	8,5	4,7	3,3	2,7	1,3
11570-1	3,0	6,4	4,1	2,4	1,7	1,0
11571-1	3,1	7,1	3,0	3,0	2,2	1,2
-4	2,6	6,8	3,1	3,1	2,3	1,1
11578-2	2,9	5,0	2,4	2,5	2,0	0,8
11579-1	2,4	4,2	2,4	3,2	2,3	0,9
-2	3,0	5,1	2,5	3,1	2,3	0,9
-3	2,8	4,7	2,6	3,3	2,5	0,8
-4	2,7	4,5	2,6	3,3	2,4	0,9
-5	2,9	5,2	2,3	3,0	2,1	0,9
11584-1	2,4	3,5	2,9	2,6	2,1	1,4
-2	2,4	3,9	2,7	2,5	2,0	1,4
-3	2,5	2,8	3,0	2,9	2,2	1,4
-4	2,8	3,6	2,7	2,9	2,2	1,2

Cuadro 8A. Continuación...

Número introducción	Contenido Bixina (%)	Contenido Aceite %	Longitud fruto (cm)	Ancho fruto (cm)	Grosor fruto (cm)	Long. p + a fruto (cm)
11624-2	2,0	4,9	2,7	3,0	2,0	0,9
-3	2,3	4,8	3,0	3,1	2,1	1,4
-4	2,0	4,7	3,0	3,3	2,1	1,4
11628-1	1,6	6,5	2,4	2,7	1,9	0,6
11629-2	3,0	3,7	3,3	2,4	1,8	0,9
-4	4,2	4,4	3,3	2,5	1,9	1,1
-5	3,5	4,0	3,6	2,3	1,6	1,0
11630-1	3,1	7,9	5,5	2,5	1,8	2,5
-2	4,2	8,0	6,0	2,7	2,2	2,5
-3	3,6	9,5	5,4	2,5	2,1	2,2
-4	3,5	7,6	5,5	2,6	2,0	2,4
-5	4,2	9,4	5,1	2,7	2,2	2,4
11646-1	5,1	6,3	5,6	2,6	1,6	2,0
-2	5,1	7,1	5,1	2,6	2,3	1,4
-3	4,8	5,9	6,0	2,6	1,8	2,4
-4	4,4	5,9	5,6	2,8	2,0	1,9
-5	4,3	7,0	5,8	2,3	1,5	1,6
-6	2,7	8,4	5,8	2,5	2,1	1,6

Cuadro 9A. Explicación de los códigos de colores de Methuen (27), 1983.

Código	Color	Código	Color
1A1	Blanco	9D5	Café rojizo
1D6	Verde grisáceo	9D6	Café rojizo
1D7	Verde grisáceo	9D7	Café rojizo
1E5	Oliva	9E6	Café rojizo
1E6	Oliva	9E7	Café rojizo
2D5	Oliva	10C7	Café cafezusco
2D8	Oliva amarillo	10D5	Rojo grisáceo
2E6	Oliva	10D6	Rojo cafezusco
3D5	Oliva	10D7	Rojo cafezusco
3F6	Oliva	10D8	Rojo cafezusco
4A4	Amarillo claro	10E4	Café violeta
4A6	Amarillo rojizo	10E6	Café violeta
		10E7	Café violeta
		10E8	Café violeta
5D8	Café amarillento	11A6	Rojo
7D7	Café	11D5	Rojo grisáceo
7D8	Café	11D6	Violeta cafezusco
		11D7	Violeta cafezusco
		11D8	Violeta cafezusco
8D6	Café rojizo	11E6	Violeta café
8D7	Café rojizo	11E7	Violeta café
8E6	Café rojizo		
12A2	Blanco rosado	30D7	Verde grisáceo
12A3	Rojo pálido	30D8	Verde intenso
		30E6	Verde grisáceo
13A2	Blanco rosado		
13A3	Rosado		
13A4	Rosado		
14A3	Rosado púrpura		
14A4	Rosado púrpura		
29A5	Verde claro		
29A6	Verde amarillento		
29A7	Verde amarillento		
29B6	Verde grisáceo		
29B8	Verde amarillento		
29C7	Verde grisáceo		
29D6	Verde grisáceo		
29D7	Verde grisáceo		
29D8	Verde intenso		

Cuadro 9A. Continuación...

Código	Color
30A6	Verde amarillento
30A7	Verde amarillento
30B7	Verde amarillento
30C5	Verde grisáceo
30C7	Verde grisáceo