

INFLUENCIA DE LAS ESTACIONES Y DEL ESTADO DE LA ESTACA SOBRE EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE CACAO (*)

Por **Policarpo Rendón Araujo**

I. — INTRODUCCION

A. — OBJETO E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Es un hecho conocido que el cacao, en los últimos años, se ha venido propagando vegetativamente por estacas e injertos en casi todos los países productores del mundo; pero, también es cierto que muy poco se conocen (especialmente lo ignoran los agricultores) las grandes ventajas que representa para la industria del cacao la propagación vegetativa. Estas ventajas están dadas por la alta producción que se puede conseguir en las plantaciones al propagar, por medio de estacas, aquellos árboles que han sido seleccionados por sus buenas cualidades, tales como su alta producción y su resistencia a ciertas enfermedades. Además, los árboles propagados por estacas llegan a producir mucho más rápidamente (se gana más o menos 1 a 2 años) que los propagados por semillas.

No obstante, y a pesar de las grandes ventajas anteriormente mencionadas que se obtienen por medio de la propagación vegetativa del cacao por estacas, es digno de tenerse en cuenta la serie de dificultades que en diversas ocasiones se presentan en el proceso de enraizamiento de las estacas, aún propagándolas en condiciones favorables de temperatura, luz, humedad, etc.

Observaciones hechas durante los últimos años, han mostrado que el enraizamiento de estacas de cacao, ya sea empleando los diferentes tratamientos de fitohormonas o lesiones mecánicas o sin estas manipulaciones, es completamente diferente en las diversas épocas del año y seguramente desempeñan un papel muy importante, los diferentes estados de desarrollo de la rama del árbol que se quiera emplear, es decir, estacas herbáceas, semi-lignificadas o lignificadas, adaptándose esta clasificación, según los períodos de desarrollo que se notan en la rama apta para la propagación. La estaca será herbácea

(*) Tesis preparada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la dirección del Dr. Gerhard Naundorf, a quien el autor expresa su gratitud.

si se toma del último período de crecimiento, semi-lignificada si del penúltimo y lignificada si del antepenúltimo.

Durante todo el año se observan, además, árboles que se encuentran en estado de reposo y otros en estado de brotación foliar, y seguramente los dos diferentes estados influyen altamente en el enraizamiento de las estacas procedentes de ambos grupos de árboles. Por último se ha observado que, algunas veces, las estacas se enraizan mejor con o sin tratamientos mecánicos u hormonales y otras, el enraizamiento es bastante demorado, debido a causas que son completamente desconocidas hasta la fecha. Se supone entonces, que las estaciones (tiempos de lluvia o épocas de sequía) y el estado del árbol y de la estaca, tienen una marcada influencia en estos diferentes resultados de la propagación vegetativa del cacao por estacas.

Se sabe, además que, en casi todos los países productores de cacao en la actualidad son muchas las investigaciones que sobre el particular se están llevando a cabo en los centros experimentales de dichos países. En nuestro medio, también se están realizando actualmente muchas investigaciones que tienden a mejorar en gran parte el cultivo en cuestión, pues, se trata más que todo, de salvar la industria del cacao, ahora cuando está amenazada de desaparecer, debido, posiblemente, al desaliento de los agricultores dedicados a este cultivo. Según informaciones obtenidas de los mismos agricultores de cacao, ese desaliento se debe, sobre todo, a la baja producción que está influida, a su vez, por factores de diversa índole: árboles de mala calidad, de bajo rendimiento, muy susceptibles a enfermedades, el gran porcentaje de árboles incompatibles, etc. De manera que los agricultores teniendo en cuenta estos detalles, abandonan sus plantaciones porque creen que el producto de las cosechas no compensa en nada los costos de producción.

Estos inconvenientes para el productor de cacao, pueden resolverse, en parte, por medio de la propagación vegetativa de árboles bien conocidos cuyas buenas características se conservan por dicha propagación. Pero, como ya se ha dicho que, en el enraizamiento de las estacas, influyen numerosos factores, algunos de los cuales aún se desconocen, con el presente trabajo se quiere ayudar a aclarar la influencia de algunos de ellos en la propagación vegetativa mediante estacas.

B. — FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS

Como antes se ha dicho, son numerosos los factores que, generalmente, influyen en el enraizamiento de cualquier estaca. Naundorf (10) informa detalladamente sobre el particular y expone los trabajos de investigación llevados a cabo por varios autores en cada uno de esos diferentes factores. Entre estos factores mencionados por el autor citado se destacan especialmente los siguientes: La luz, tem-

peratura y humedad, sustancias nutritivas, el pH, las fitohormonas de división y distensión celular, edad y estado de la estaca, edad del del árbol y estímulos traumáticos.

Sobre la edad del árbol se sabe también por Gregory (5) que puede influir considerablemente en el enraizamiento de cualquier estaca. Según éste, dicha influencia se ha dejado notar muy acentuadamente en el enraizamiento de clones de *Hevea brasiliensis*, hasta el punto de que la estaca tomada de un árbol viejo pierde su poder de enraizamiento.

En cuanto a los diferentes factores mencionados que influyen sobre el enraizamiento de una estaca, respecto a estacas de cacao, Bowman(1) anota que la luz, es quizás, el factor más indispensable. La luz deficiente, agrega, es causa de una rápida defoliación, siendo esto, muchas veces, la causa de un mal enraizamiento en los propagadores del tipo "Trinidad".

La temperatura y la humedad son también factores importantes e indispensables para un buen enraizamiento en las estacas de cacao. Bowman(1) señala que, una disminución de la humedad (que debe mantenerse a un 100% de saturación) y un cambio brusco de la temperatura, causan los mismos efectos que la luz deficiente.

Ensayos efectuados por Naundorf (11) en la Estación Agrícola Experimental de Palmira, demuestran la influencia de los estímulos traumáticos en el arraigo de estacas de cacao. Según el autor mencionado, se ha logrado un aumento en el porcentaje de estacas de cacao enraizadas, tratándolas mecánicamente en la base, ya sea con golpes ligeros dados con un martillo o haciéndoles incisiones.

En cuanto a la época y su influencia en el enraizamiento de estacas existen muy pocos trabajos. Según Naundorf (10), algunos autores afirman que para el enraizamiento de estacas, es necesario elegir una estación fija, ya que no todas las épocas han resultado favorables para el enraizamiento de las estacas en general, sea con o sin fitohormonas.

En los diversos trabajos sobre la propagación vegetativa del cacao por estacas, Pyke (12), Cheesman (3), Cheesman y Spencer (4), Llano Gómez (8), Naundorf (11), Richards (13), García y Naundorf (6), ningún autor se refiere a la influencia de las estaciones o de la época del año en el enraizamiento de estacas de cacao. Pyke (12) ha notado solamente que, en sus ensayos, el mejor material para estacas fué el de árboles que habían terminado la brotación de las yemas foliares. Datos exactos sobre el mejor estado de la estaca, sea herbácea, semi-lignificada o lignificada, y sobre la edad y estado vegetativo de los árboles empleados como planta madre, no existen.

II. — MATERIAL Y METODOS

A.—ESTUDIO SOBRE EL ESTADO GENERAL DE LA ESTACA DE CACAO

Al hablar de los factores que influyen en el enraizamiento de las estacas en general, se han mencionado como factores intrínsecos el pH, las fitohormonas de división y distensión celular y las sustancias nutritivas.

Con el fin de observar la influencia de estos factores en estacas de cacao en diferentes estados, se han efectuado las siguientes determinaciones en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Agronomía de Palmira:

- 1.) Determinación del pH del jugo celular de la estaca;
- 2.) Determinación de sustancias Bíos en estacas;
- 3.) Determinación de Auxinas en estacas;
- 4.) Determinación de Nitratos en estacas.

El material para las determinaciones anteriores fue preparado teniendo en cuenta la edad de las estacas y el estado del árbol. Resultan por tanto, 6 clases diferentes de éllas, a saber:

- 1.) Herbáceas sin brotación de yemas foliares
- 2.) Semi-lignificadas sin brotación de yemas foliares
- 3.) Lignificadas sin brotación de yemas foliares
- 4.) Herbáceas con brotación de yemas foliares
- 5.) Semi-lignificadas con brotación de yemas foliares
- 6.) Lignificadas con brotación de yemas foliares

Se ha empleado para la determinación del pH el método colorimétrico de La Motte, para lo cual las estacas fueron cortadas en trozos pequeños, sin tocarlos con la mano y triturado finamente en un mortero. La determinación de Nitratos se hizo con el mismo método de La Motte sobre materia seca.

Para la determinación de las sustancias Bíos contenidas en el jugo celular de las estacas de cacao, necesarias para la iniciación del enraizamiento, se empleó el "test de levadura", según Koeogl (7), empleando la solución nutritiva de Boas (2).

El material para la determinación de las sustancias Bíos se preparó en la forma siguiente: se toman 25 gramos de material de cada uno de los tipos de estacas descritas y se cortan en trozos pequeños extrayendo cada muestra con 100 cc. de agua destilada al baño María durante media hora. Se filtra inmediatamente cada extracto obtenido. Se prepara por aparte la solución nutritiva de Boas con los materiales ya indicados y se emplea el "test de levadura", según Koeogl (7).

Para la determinación de auxinas y sus derivados, existen varios test biológicos descritos por Naundorf (10).

Un test muy fácil de manejar y muy sensible es el "test de *Helianthus annuus*" (girasol) y se verifica de la siguiente manera: (Véase Naundorf, (10).

Para llevar a cabo este "test", se toman de cada tipo de estacas 25 gramos de material y se cortan en trozos pequeños, extrayendo de cada muestra con 100 cc. de alcohol, calentando durante media hora; se filtra el extracto obtenido y se evapora el alcohol al baño María. Se disuelve el contenido de cada muestra con 5 cc. de agua destilada y se prepara la pasta agregando 5 grs. de lanolina anhidra batiendo la mezcla, hasta que quede una pasta uniforme. Con esta pasta se untan unilateralmente los brotes decapitados de girasol. Según el contenido de la pasta en auxinas, estos brotes empiezan a encorvarse en dirección al lado en donde se puso la pasta. El ángulo de la curvatura, sirve como medida de la mayor o menor cantidad de auxinas contenidas en la pasta.

B.—ESTUDIO DE LAS ESTACIONES Y SU INFLUENCIA SOBRE EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE CACAO

Con el objeto de observar la influencia de las estaciones (tiempos de lluvia y épocas de sequía), sobre el enraizamiento de estacas de cacao, se llevaron a cabo diversas siembras de dichas estacas en diferentes épocas, en los propagadores del tipo "Trinidad" instalados en la Sección de Propagación de cacao de la Estación Agrícola Experimental de Palmira. El material para los diferentes experimentos, se obtuvo de las plantaciones de cacao de la misma Estación.

Los ensayos se planearon teniendo en cuenta el estado de los árboles, la edad de las estacas y los diferentes tratamientos, empleando para los hormonales el ácido 3-indol butírico (2.5 mg. y 5 mg. por gr. de talco):

1.) Para cada siembra se emplearon 550 estacas de cacao, divididas en dos experimentos, según el estado vegetativo del árbol, así:

I Estacas de árboles sin brotación de yemas foliares 325

II Estacas de árboles con brotación de yemas foliares 225

Las estacas del experimento I se subdividieron a su vez, según la edad de éstas en:

a)	Estacas herbáceas con yema terminal	100
b)	" " sin yema terminal	100
c)	" Semi-lignificadas	100
d)	" Lignificadas	25

Las estacas del experimento II también se subdividieron, de acuerdo con la edad de las mismas, así:

a) Estacas herbáceas sin yema apical	100
b) " semi-lignificadas	100
c) " lignificadas	25

De las estacas lignificadas, tanto de árboles sin brotación como de aquellos con brotación, se pudo emplear sólo la cantidad (25), por falta de material.

2.) Para el enraizamiento de las diferentes estacas (herbáceas, semi-lignificadas y lignificadas), se emplearon los siguientes métodos:

- Testigo, sin ningún tratamiento;
- Lesión mecánica (dando un golpe ligero en la base de la estaca con un martillo y bajo agua);
- Fitohormona, empleando el ácido 3-indol butírico 2.5 mg. por gramo de talco (según los diferentes autores es la substancia activa más indicada para ayudar en el enraizamiento de estacas de cacao);
- Fitohormona, empleando el mismo ácido, pero con 5-mg. por gramo de talco.

De acuerdo con lo anterior, resultan entonces, 22 tratamientos distribuidos entre los dos experimentos, así:

I Experimento	13
II Experimento	9

3). Los diferentes tratamientos se ordenaron en las cajas propagadoras, para facilitar las observaciones del caso, en la forma que sigue:

I Experimento (Estacas sin brotación de yemas):

1) Testigo	Herbáceas sin yema terminal
2) Lesión mecánica	" " " "
3) Hormona 2.5 mg.	" " " "
4) " 5.0 mg.	" " " "
5) Testigo	Herbáceas con yema terminal
6) Lesión mecánica	" " " "
7) Hormona 2.5 mg.	" " " "
8) " 5.0 mg.	" " " "
9) Testigo	Semi-lignificadas
11) Hormona 2.5 mg.	"
10) Lesión mecánica	"
12) " 5.0 mg.	Lignificadas
13) Testigo	"

II Experimento (Estacas con brotación de yemas):

1) Testigo	Herbáceas sin brote apical
2) Lesión mecánica	" " " "
3) Hormona 2.5 mg.	" " " "
4) " 5.0 mg.	" " " "
5) Testigo	Semi-lignificadas
6) Lesión mecánica	"
7) Hormona 2.5 mg.	"
8) " 5.0 mg.	"
9) Testigo	Lignificadas

La técnica empleada en el corte y preparación de las estacas fue la siguiente:

1.— Para el corte del material de estacas sin brotación de yemas (Experimento I), se eligieron en la plantación árboles del clon N^o 6 que se encontraban en completo estado de reposo, es decir, aquellos que habían terminado la brotación de sus yemas foliares. En cambio, para obtener el material de estacas con brotación de yemas (Experimento II), se escogieron árboles en plena brotación, los cuales se distinguen perfectamente de los primeros por el color rosado intenso de los brotes tiernos. La foto de la Figura 1 muestra la diferencia entre los dos estados vegetativos del árbol.

2.— Hecha la anterior distinción entre los árboles, el operador, sirviéndose de unas tijeras podadoras, fue cortando las ramas aptas para la propagación, en las cuales se distinguen perfectamente la clasificación de los distintos períodos de crecimiento, bien sea por el color más o menos obscuro que tiene el tallo en cada brotación o por la menor separación de las hojas en la parte del tallo donde comienza un nuevo período. La foto de la Figura 2 representa una rama de cacao en la cual se puede apreciar claramente los diferentes períodos de brotación.

3.— Obtenido y seleccionado el material, se hizo el corte de las diferentes estacas, siguiendo las reglas generales, así:

- a) Corte definitivo en forma oblicua, bajo agua para impedir que el aire penetre en los vasos;
- b) Recorte de las hojas en sus dos terceras partes, con el objeto de evitar un exceso de transpiración;
- c) De las 200 estacas herbáceas obtenidas de árboles sin brotación, 100 se dejaron con yema terminal y 100 fueron desprovistas de la yema terminal, separándola bajo agua. Así mismo fueron decapitados los brotes foliares de las que se emplearon en los experimentos de estacas obtenidas de árboles en brotación. La foto de

la Figura 3 muestra una estaca herbácea lista para ser propagada vegetativamente.

4.— Las estacas así preparadas, fueron seleccionadas de acuerdo con la edad de la estaca y el estado vegetativo del árbol y colocadas en recipientes con agua hasta el momento de llevarlas a las cajas enraizadoras. Estas cajas constan de lo siguiente, como medio de enraizamiento:

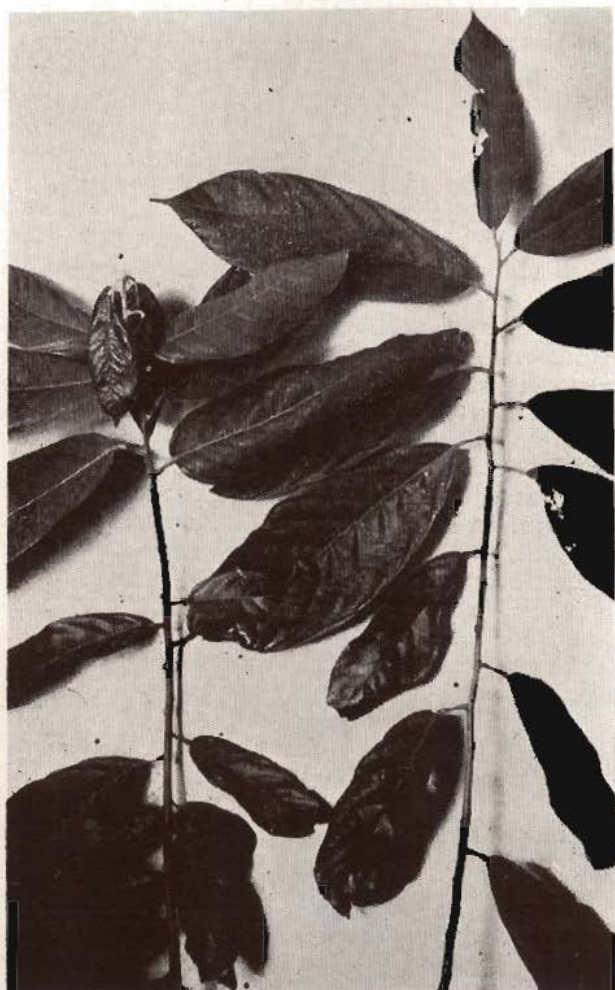


Figura 1.— Ramas de cacao que indican los dos diferentes estados del árbol. Izquierda: rama con el brote foliar en pleno desarrollo; derecha: rama en completo estado de reposo.

(Foto: Gabinete Fotográfico de la E. A. Experimental).

- a) Una capa de piedra gruesa de 0.30 m.
- b) Una capa de cascajo de 0.10 m.
- c) Una capa de arena lavada de 0.40 m.

Antes de efectuar la siembra de las estacas, es necesario regar las cajas abundantemente.

Para los tratamientos fitohormonales, se usaron las sustancias hormonales a base de ácido 3-indol butírico con las concentraciones



Figura 2.— Rama de cacao que muestra los distintos períodos de crecimiento. Las flechas indican el sitio en donde empieza cada período. (Foto: Gabinete Fotográfico de la E. A. Experimental).

2.5 y 5.0 mg. por gramo de talco respectivamente. La técnica para los tratamientos es muy sencilla y consiste únicamente en introducir la base de la estaca, previamente secada con papel de filtro, en el polvo y sacudirla un poco para que solo quede una capa muy fina de éste. Hecho todo esto se siembran las estacas en el orden ya descrito, se riegan abundantemente y se cubren con tapas de vidrio. Para controlar la humedad y la temperatura, se colocó en una de las cajas un Psicrómetro, cuyas lecturas se hicieron constantemente.

El tiempo que permanecieron las estacas en los propagadores, fue de 60 días para cada siembra, al cabo de los cuales se hizo el trasplante definitivo de las estacas convenientemente enraizadas, es decir, de aquellas que contaban con más de 3 raíces de más de 5 cm. de largo.

Para encontrar relación en el proceso de enraizamiento de las estacas con los diversos factores estudiados, se verificaron las siguientes anotaciones en cada siembra:

1.— Estado del árbol que sirvió como planta madre:

- a) Edad de los árboles. El material para cada siembra fue obtenido de la misma edad y en el mismo estado vegetativo para cada ex-
- b) Estado de floración (abundante o escasa);
- c) Con pocos frutos jóvenes o adultos.

2.— Observaciones sobre el tiempo

- a) Siembras hechas en época de lluvia;
- b) Siembras hechas en épocas de sequía.

3.— Durante el proceso de enraizamiento de las estacas, se hicieron observaciones:

- a) A los 15 días
- b) " " 25 "
- c) " " 35 "
- d) " " 60 "

anotando formación de callo, estacas enraizadas, estacas perdidas, defoliación, etc.

Además de las siembras mencionadas se hizo otro ensayo especial, para observar la influencia de la edad de las hojas en el enraizamiento de las estacas herbáceas de cacao, así:

- 1) Estacas herbáceas con hojas duras (viejas)
- 2) Estacas herbáceas con hojas semi-duras
- 3) Estacas herbáceas con hojas blandas (jóvenes)

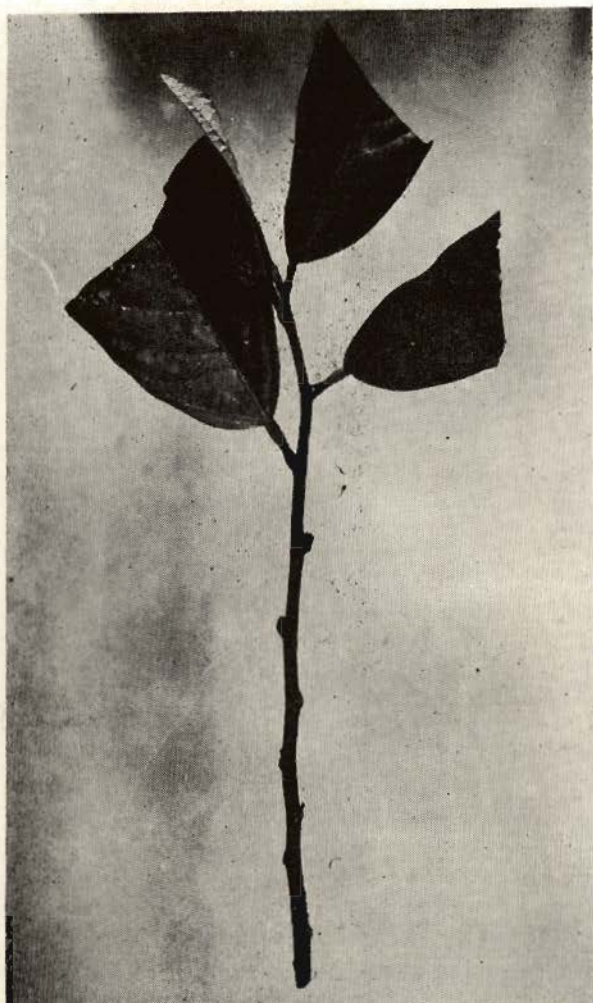


Figura 3.— Estaca de cacao lista para ser enraizada.
(Foto: Gabinete Fotográfico de la E. A. Experimental).

La clasificación anterior en estacas herbáceas con hojas duras, semi-duras y blandas, es arbitraria, entendiéndose por las primeras, aquellas que se obtienen de árboles que han terminado la brotación de las yemas foliares y están listos para una nueva brotación; las segundas, tomadas del mismo grupo de árboles que las anteriores, son las que tienen hojas medio endurecidas y las terceras, también de árboles que han terminado la brotación, pero que las hojas están todavía muy jóvenes.

III.— RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS INVESTIGACIONES

A. — ESTADO DEL ARBOL Y SU INFLUENCIA SOBRE EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE CACAO

Como se ha dicho en el Cap. **Material y Métodos**, se clasificaron los árboles de cacao que sirvieron para recoger el material de estacas, en dos grupos: árboles en brotación y árboles que se encontraban en estado de reposo. Además, se escogieron de estos dos grupos de árboles, cuatro clases de estacas, según su estado de lignificación.

Los resultados obtenidos en los dos grupos de árboles y en las cuatro clases de estacas, se dan en la Tabla I.

Al estudiar esta Tabla se observan resultados muy interesantes, especialmente respecto al porcentaje de enraizamiento de los dos grupos mencionados. Las estacas recogidas de árboles que no estaban en brotación se enraizan en un porcentaje mucho mayor que estacas tomadas en árboles en brotación.

Entre las cuatro clases de estacas, tienen mejor enraizamiento las herbáceas, especialmente las estacas sin yema terminal. También se nota una diferencia en la velocidad del enraizamiento entre los dos grupos, así: estacas de árboles que no estaban en brotación, se enraizan con mayor rapidez que estacas de árboles que estaban en brotación. También se nota una diferencia entre la cantidad de raíces emitidas por los dos grupos de estacas. La foto de la Figura 4 muestra claramente este efecto.

En las estacas de árboles sin brotación se observa un mayor número de raíces, un crecimiento más rápido de éstas y una formación también más rápida de raíces laterales.

Las estacas de los dos diferentes grupos de árboles, muestran otro efecto interesante. Se sabe hoy, según diferentes trabajos, Murray (9) u otros, que para el enraizamiento normal, es necesaria la presencia de las hojas que tienen que servir a la estaca como fuente de sustancias nutritivas, especialmente azúcares. Se observó que estacas sean herbáceas, semi-lignificadas o lignificadas, tomadas de árboles en brotación pierden, durante su tiempo de enraizamiento en los propagadores, con mucha facilidad sus hojas, mientras que, en las estacas recogidas de árboles sin brotación, no se observó nunca este fenómeno. En la foto de la Figura 5 se puede observar muy bien este efecto.

Hoy en día se están usando varios tratamientos para acelerar y mejorar el enraizamiento de estacas de cacao. Por esto se incluyeron en este estudio, dos de los más conocidos que se emplearon para di-

— TABLA I —

Influencia del estado de la estaca de cacao (herbácea, semi-lignificada y lignificada) tomada de árboles que no estaban en brotación y de árboles en brotación, sobre su enraizamiento.
(Se usaron 150 estacas)

ESTADG DEL ARBOL Y CLA- SE DE ESTACA	A LOS 15 DIAS		A LOS 25 DIAS		A LOS 35 DIAS		A LOS 60 DIAS	
	C.C.* %	C.R.* %	C.C. %	C.R. %	C.C. %	C.R. %	C.C. %	C.R. %
SIN BROTAACION:								
Herbáceas con yema terminal	90	0	98	1	81	10	7	67
Herbáceas sin yema terminal	97	0	95	5	75	22	14	78
Semi-lignificadas	90	0	78	14	66	25	7	59
Lignificadas	36	0	80	4	52	30	4	52
EN BROTAACION:								
Herbáceas	98	0	91	1	89	10	46	43
Semi-Lignificadas	97	0	94	8	74	24	32	48
Lignificadas	84	0	91	2	50	32	16	34

* C.C. = con callo;

* C.R. = con raíces

cho enraizamiento de estacas de cacao: la lesión mecánica en la base de la estaca (descrito por Naundorf) y el tratamiento fitohormonal (descrito por varios autores, como por ejemplo: Naundorf, Richards, Murray, etc.)

Respecto a la lesión mecánica en las estacas de los dos grupos de árboles y de las cuatro clases de estacas, se observó un aumento en el enraizamiento, especialmente en las estacas herbáceas y en las estacas semi-lignificadas de árboles que no estaban en brotación. Los resultados de estos experimentos se dan en la Tabla II.

— TABLA II —

Influencia del estado de estaca de cacao (herbácea y semi-lignificada) con lesión mecánica, tomada de árboles que no estaban en brotación y de árboles en brotación, sobre su enraizamiento.
(Se usaron 150 estacas)

ESTADO DEL ARBOL Y CLASIFICACION DE ESTACA	A LOS 15 DIAS		A LOS 25 DIAS		A LOS 35 DIAS		A LOS 60 DIAS	
	C.C.* %	C.R.* %	C.C. %	C.R. %	C.C. %	C.R. %	C.C. %	C.R. %
SIN BROTACION:								
Herbáceas con yema terminal	94	0	96	1	86	3	12	84
Herbáceas sin yema terminal	88	0	96	0	93	2	14	78
Semi-lignificadas	77	0	90	4	74	18	10	68
EN BROTACION:								
Herbáceas	90	0	95	2	82	6	27	67
Semi-lignificadas	98	0	92	10	82	11	39	36

* C.C. = con callo;

* C.R. = con raíces

Los tratamientos fitohormonales dieron muy buenos resultados en las estacas recogidas de árboles que no estaban en brotación. (Véase Tablas III y IV y compárese porcentaje en Tabla I).

Al observar estas tablas, se nota que las dos concentraciones empleadas aceleraron en alto grado el enraizamiento de las diversas estacas, especialmente en las herbáceas y semi-lignificadas. Muy poca influencia se notó en las estacas lignificadas; en éstas los tratamientos fitohormonales perjudicaron el enraizamiento.

— TABLA III —

Influencia de un tratamiento fitohormonal (ácido 3-indol butírico 2.5 mg. por gr. de talco) sobre velocidad y porcentaje de enraizamiento de estacas de cacao tomadas de árboles que no estaban en brotación y de árbol en brotación. (Se usaron 150 estacas).

ESTADO DEL ARBOL Y CLASE DE ESTACA	A LOS 15 DIAS		A LOS 25 DIAS		A LOS 35 DIAS		A LOS 60 DIAS	
	C.C.* %	C.R.* %	C.C. %	C.R. %	C.C. %	C.R. %	C.C. %	C.R. %
SIN BROTAACION:								
Herbáceas con yema terminal	88	0	80	9	51	39	14	74
Herbáceas sin yema terminal	97	0	82	17	22	74	14	80
Semi-lignificadas	76	0	74	21	30	66	10	75
Lignificadas	47	0	61	17	28	40	13	40
EN BROTAACION:								
Herbáceas	95	0	93	5	88	10	46	46
Semi-lignificadas	78	0	84	9	68	17	22	40
Lignificadas	57	0	78	6	68	16	12	38

* C.C. = con callo;

* C.R. = con raíces

Al estudiar el efecto de los tratamientos hormonales sobre estacas tomadas en árboles que estaban en plena brotación, no se observó ningún efecto estimulante, como lo muestran los resultados de las dos Tablas.

Respecto a las diferentes clases de estacas de árboles en brotación y su comportamiento en el enraizamiento, se puede decir lo mismo

— TABLA IV —

Influencia de un tratamiento fitohormonal (ácido 3-indol butírico 5.0 mg. por gr. de talco) sobre velocidad y porcentaje de enraizamiento de estacas tomadas de árboles que no estaban en brotación y de árboles en brotación. (Se usaron 150 estacas).

ESTADO DEL ARBOL Y CLA- SE DE ESTACA	A LOS 15 DIAS		A LOS 25 DIAS		A LOS 35 DIAS		A LOS 60 DIAS	
	C.C.* %	C.R.* %	C.C. %	C.R. %	C.C. %	C.R. %	C.C. %	C.R. %
SIN BROTAACION:								
Herbáceas con yema terminal	77	0	76	13	55	24	17	68
Herbáceas sin yema terminal	96	0	86	12	58	33	12	81
Semi-lignificadas	77	0	73	21	61	29	11	53
Lignificadas	50	0	70	8	42	22	10	34
EN BROTAACION:								
Herbáceas	89	0	87	4	75	18	33	50
Semi-lignificadas	83	0	74	13	72	16	14	34
Lignificadas	84	0	88	2	74	6	52	6

* C.C. = con callo;

* C.R. = con raíces

que para estas clases de estacas de árboles sin brotación, es decir, que las estacas herbáceas se enraizan mejor que las semi-lignificadas, como muestran, por ejemplo, las curvas del gráfico de la Figura 6.

B. — INFLUENCIA DE LAS ESTACIONES SOBRE EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE CACAO

A base de las diversas observaciones hechas sobre el diferente enraizamiento en variadas épocas del año, se incluyó también en estos

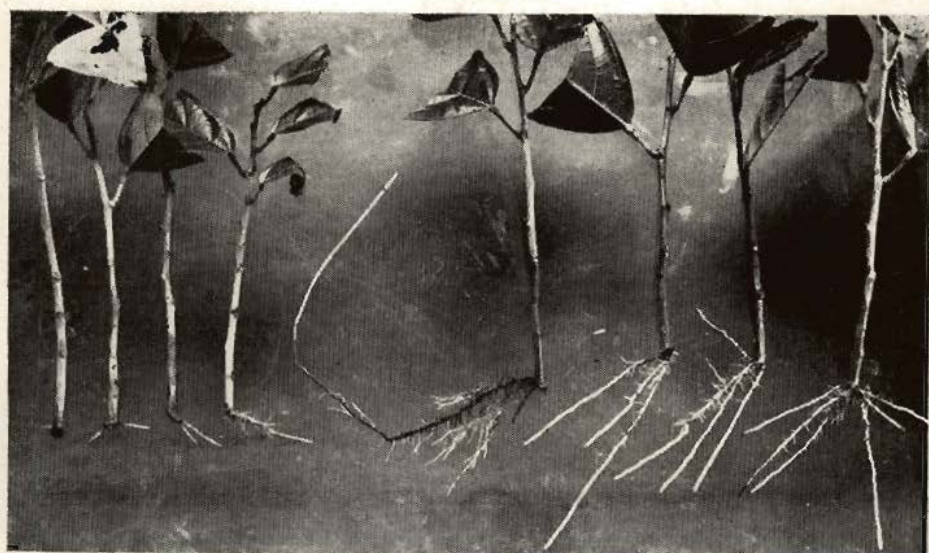


Figura 4.— Estacas de cacao enraizadas, mostrando la diferencia del enraizamiento, entre los dos grupos de árboles. Izquierda: estacas tomadas de árboles EN BROTAION; Derecha: Estacas tomadas de árboles SIN BROTAION.

(Foto: Gabinete Fotográfico de la E. A. Experimental).

experimentos, el estudio de la influencia de las estaciones sobre el enraizamiento de estacas de cacao. Los resultados de uno de estos experimentos se dan en el gráfico de la Figura 7.

Al observar las curvas de este gráfico, se nota claramente, que existen ciertas épocas durante el año, en las cuales se obtiene mejor resultado en el enraizamiento de estacas de cacao, que en otras. Así, por ejemplo: estacas de cacao puestas a enraizar durante los meses de enero, febrero y marzo, dieron muy poco resultado, comparadas con aquellas que fueron cortadas en los meses de mayo, junio, julio y agosto. De acuerdo con las observaciones hechas sobre el tiempo, las primeras estacas o sea las que fueron enraizadas en los meses de enero, febrero y marzo, tuvieron durante el proceso de enraizamiento la influencia del invierno que duró hasta fines de mayo; en cambio las segundas correspondientes a las siembras de mayo, junio, julio y agosto tuvieron la influencia del verano. Los resultados coinciden más o menos con las observaciones hechas durante muchos años, según las cuales, estacas de cacao se enraizan mucho más rápidamente y mejor en el verano que en el invierno.

Las curvas indican además, lo que se ha dicho ya en páginas anteriores y es que, estacas herbáceas sin yema terminal, de árboles

sin brotación, enraizan mejor que las mismas estacas, pero con yema terminal.

Los experimentos sobre la influencia de las estacas en el enraizamiento, se hicieron solamente sobre estacas herbáceas, por ser éstas las que mejor se enraizan y con mayor rapidez.



Figura 5.— Estacas de cacao tomadas de árboles en brotación. Nótese la desfoliación de las estacas.

(Foto: Gabinete Fotográfico, de la E. A. Experimental).

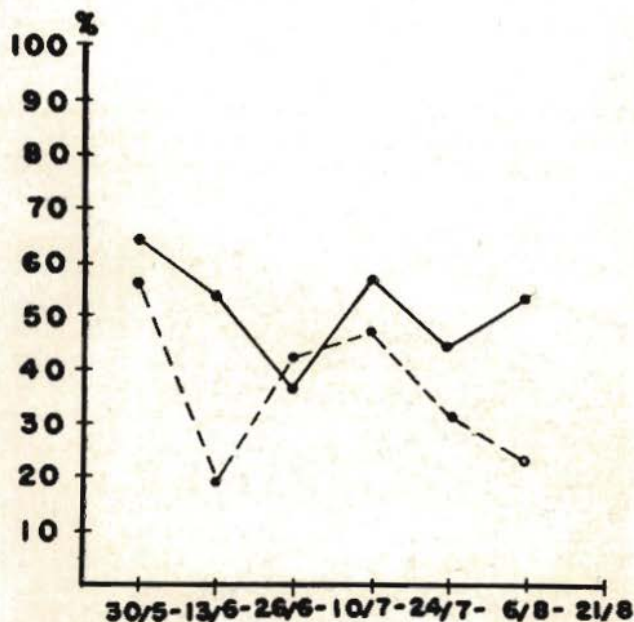


Figura 6.— Influencia del estado de la estaca de cacao tomada de árboles en brotación.

Ordenada: porcentaje de enraizamiento.

Abscisa: fecha de las distintas siembras verificadas.

o—o Estacas herbáceas.

o-----o " semi-lignificadas.

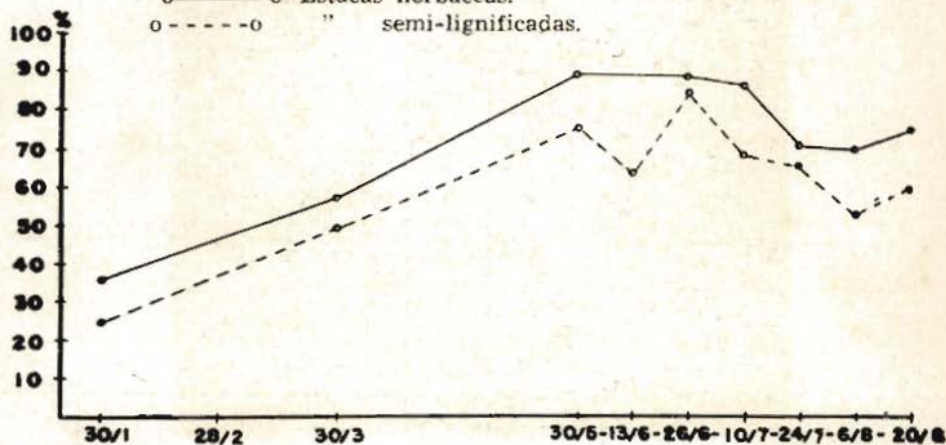


Figura 7.— El gráfico indica la influencia de las estaciones sobre el enraizamiento de estacas de cacao herbáceas.

Ordenada: Porcentaje de enraizamiento.

Abscisa: Fecha de las distintas siembras verificadas.

o—o: Estacas herbáceas sin yema terminal

o-----o: " " con yema terminal

C.—EDAD DEL ARBOL Y SU INFLUENCIA SOBRE EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE CACAO

Durante estos múltiples experimentos y siembras, se pudo observar que también la edad del árbol empleado para obtener estacas, tiene una marcada influencia sobre el enraizamiento. La Tabla V representa los resultados obtenidos en el enraizamiento de estacas de árboles madres de 3 y de 10 años.

— TABLA V —

Influencia de la edad del árbol madre sobre el enraizamiento de estacas de cacao. (Se compara un árbol de 3 años con otro de 10).

ARBOL MADRE Y CLASE DE ESTACA	A LOS 15 DIAS		A LOS 25 DIAS		A LOS 35 DIAS		A LOS 60 DIAS	
	C.C.* %	C.R.* %	C.C. %	C.R. %	C.C. %	C.R. %	C.C. %	C.R. %
ARBOL de 3 AÑOS								
Herbáceas con yema terminal	100	0	96	4	84	16	24	68
Herbáceas sin yema terminal	100	0	88	12	48	52	4	96
Semi-lignificadas	84	0	68	28	28	68	0	96
Lignificadas	36	0	80	8	52	48	4	88
ARBOL de 10 AÑOS								
Herbáceas con yema terminal	92	0	94	4	84	16	32	56
Herbáceas sin yema terminal	96	0	100	0	56	44	52	44
Semi-lignificadas	72	0	80	0	68	12	40	28
Lignificadas	44	0	76	0	56	12	28	16

* C.C. = con callo;

* C.R. = con raíces

Al comparar los valores de esta tabla observamos que, las estacas de árboles jóvenes (3 años), se enraizan mucho más rápidamente y en un mayor porcentaje que las estacas de árboles viejos (10 años). Así, por ejemplo: estacas herbáceas sin yema terminal, se enraizan solamente en un 44% para árboles de 10 años, mientras que estacas de la misma edad de un árbol joven proporcionan un enraizamiento del 96% y la velocidad del mismo es también mayor.

D.— EDAD DE LA HOJA Y SU INFLUENCIA SOBRE EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE CACAC.

En el Cap. **Material y Métodos**, se hizo mención de un ensayo en estacas herbáceas que se ha realizado por aparte para observar la influencia de la edad de la hoja en el enraizamiento de estacas de cacao. Después de 45 días de sembradas las estacas con hojas de distintas edades se revisaron y se transplantaron para comparar los resultados en este sentido. La Tabla VI proporciona los datos correspondientes a estos resultados.

— TABLA VI —

Influencia de la edad de las hojas sobre el enraizamiento de estacas de cacao. (Herbáceas con hojas duras, semi-duras y blandas).

CLASE DE ESTACA	E. ENRAIZA- DAS %	E. TRANSPLAN- DAS %
Herbáceas con hojas duras (viejas)	68	32
Herbáceas con hojas semi-duras	84	52
Herbáceas con hojas blandas (jóvenes)	88	74

Los valores de la tabla indican perfectamente que las estacas con hojas blandas (jóvenes), enraizan más y mejor que las estacas provistas de hojas duras (viejas) y aún que aquellas con hojas medio endurecidas. Aun más, el alto porcentaje de transplante obtenido en las estacas con hojas blandas (74%) comparado con el porcentaje obtenido en estacas de hojas duras (32%), demuestra perfectamente el mejor enraizamiento de las primeras.

Los valores de la tabla indican, además, que a medida que las hojas alcanzan un mayor endurecimiento, tanto el porcentaje de en-

raizamiento, como el de trasplante, disminuyen progresivamente. Se nota pues, la marcada influencia de la edad de las hojas en el enraizamiento de estacas de cacao.

IV — DISCUSION DE LOS RESULTADOS

En todos los experimentos realizados se destacan dos clases de estacas de cacao que dan mejores resultados en el enraizamiento. Son éstas:

- 1.) Estacas cortadas de árboles sin brotación,
- 2.) Estacas herbáceas sin la yema terminal.

Se deduce además, que el mejor tiempo para enraizar estacas de cacao, es el que corresponde a la estación del verano, porque en esta época se obtiene el mayor porcentaje de enraizamiento.

Se puede aumentar este enraizamiento, mediante el uso de fitohormonas, empleando el ácido 3-indol butírico, hecho demostrado ya por varios autores.

La lesión mecánica ayudó algo para mejorar el enraizamiento de las estacas de cacao, según lo indican los resultados obtenidos.

Al buscar la explicación sobre la diferencia en el enraizamiento de los dos grupos grandes de estacas (con brotación y sin brotación y las cuatro clases de estacas que se pueden obtener de los mismos, se encontraron resultados muy interesantes. Es sabido que, para un enraizamiento normal y para su iniciación, se necesitan ciertas sustancias activas, especialmente las sustancias Bíos (Biotina) y las auxinas con sus derivados.

Desempeña un papel muy importante para la iniciación del enraizamiento, sobre todo para la formación de callos, Naundorf (10) u otros la Biotina o el conjunto de las sustancias llamadas Bíos, necesarias para el crecimiento o división celular.

Teniendo en cuenta esto se investigó el contenido en sustancias Bíos de las estacas de cacao, empleando el "Test Saccharomyces" de Koeigl (7) y se encontró una gran diferencia en la concentración de estas sustancias contenidas en las estacas que se emplearon para los experimentos. Los resultados obtenidos en esta determinación se indican en la Tabla VII.

Comparando los valores indicados en la tabla, fácilmente se observa que el contenido en sustancia Bíos (Biotina), es más alto en las estacas que corresponden a árboles sin brotación. De aquí se explica en gran parte, el mejor enraizamiento obtenido en aquellas tomadas de árboles sin brotación, pues, las sustancias Bíos, son ne-

— TABLA VII —

Contenido en substancias Bíos de estacas de diferentes estados y cortadas de árboles con y sin brotación, determinadas con el "Test de Sccharomyces" de Koeigl.

ESTADO DEL ARBOL Y CLASE DE ESTACA	*U.S./GRAMO MATERIA SECA
ARBOL SIN BROTAACION:	
Herbáceas	7.400
Semi-lignificadas	6.800
Lignificadas	7.200
ARBOL EN BROTAACION	
Herbáceas	4.000
Semi-lignificadas	5.200
Lignificadas	5.200

* U.S. = Unidades Saccharomyces

cesarias, como se ha dicho, para la iniciación del enraizamiento y la formación de callo.

Por otra parte, los resultados indican algo más: en el grupo de árboles sin brotación, la mayor cantidad en substancias Bíos corresponde a estacas herbáceas que son las que mejor se enraizan entre las tres clases y por otro lado, en árboles con brotación, donde las semi lignificadas se enraizan algo mejor que las herbáceas (Véase Tabla I), se tiene el contenido más alto de estas estacas en dichas substancias.

Para un enraizamiento normal de toda clase de estacas y también de estacas de cacao, se necesitan, además, la auxina y sus derivados, sobre todo para la formación de raíces adventicias. Para explicar el mejor enraizamiento de algunas clases de estacas, se investigó también el contenido en auxinas de las varias clases de estacas de cacao de los dos grupos de árboles, empleando como "test" los brotes de girasol ahilados. En árboles sin brotación se encontró el doble contenido en auxinas que en árboles en brotación, según lo indicó la curvatura que hicieron los tallos de girasol untados unilateralmente con

la pasta que contenía los extractos de las estacas. El resultado fue el siguiente:

Arboles sin brotación: Angulo de la curvatura 10°

Arboles en brotación: Angulo de la curvatura 5°

La determinación cuantitativa de las auxinas no se pudo verificar, por falta de semillas de avena de la variedad "Victoria", que es la más indicada y necesaria para dicha determinación cuantitativa. El "test" de girasol es más bien cualitativo, pudiéndose obtener con él la diferente cantidad de auxinas de las diversas clases de estacas por la curvatura que toman los tallos al ser tratados con la pasta que contiene la substancia.

Como el contenido en estas substancias (Biotina y auxina) está íntimamente ligado o más bien relacionado con el contenido en nitrógeno, especialmente nitratos, según diversos autores, se analizaron diferentes materiales de estacas de cacao (material seco finamente triturado) con respecto a su contenido en nitratos. De acuerdo con los resultados, no se notó diferencia en la cantidad de nitratos entre las clases de estacas de cada grupo de árboles, pero sí se encontró muy marcada entre los dos grupos mencionados, así:

Arboles sin brotación 40 ppm de nitratos

Arboles en brotación 20 ppm de nitratos

Se observa, pues, según estos valores, que los árboles sin brotación de yemas foliares contienen la mayor cantidad de nitratos.

Al efectuar la determinación colorimétrica del pH del jugo celular de las varias clases de estacas pertenecientes a los dos grupos de árboles, no se encontró diferencia alguna. El pH del jugo celular (obtenido triturando la estaca en un mortero) de las estacas de cacao no cambia, sea que los árboles estén en estado de reposo o en plena brotación de sus yemas foliares.

También la edad del árbol que se emplea como planta madre, tiene gran influencia en el enraizamiento de las estacas de cacao. Los árboles jóvenes (3 años) dieron material que enraizó mucho mejor que el material adquirido de árboles viejos (10 años).

Otro de los factores, que se ha observado, influye marcadamente en el enraizamiento de dichas estacas, es la edad de las hojas: a medida que éstas van siendo más viejas, las estacas van perdiendo su poder de enraizamiento.

— RESUMEN —

El autor del presente trabajo ha querido investigar la influencia de las estaciones sobre el enraizamiento de las estacas de cacao, es decir, trata de averiguar, cuál de las épocas del año (lluviosa o seca) es la más indicada para enraizar dichas estacas. También se ocupa de encontrar el mejor material de ellas para la propagación vegetativa del cacao.

De las investigaciones hechas se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- 1.) La mejor época para enraizar estacas de cacao, es la de sequía, pues, se consigue en ésta un mayor porcentaje de estacas enraizadas;
- 2.) Estacas cortadas de árboles sin brotación de yemas foliares, se enraizan mejor y con mayor rapidez que estacas cortadas de árboles que están en plena brotación;
- 3.) De las tres clases de estacas, es decir, herbáceas, semi-lignificadas y lignificadas, se enraizan mejor las herbáceas;
- 4.) Entre las estacas herbáceas, tienen mejor enraizamiento las estacas sin yema terminal;
- 5.) Estacas de árboles jóvenes, se enraizan mejor que estacas tomadas de árboles viejos;
- 6.) Las estacas con hojas jóvenes, se enraizan mucho mejor y con mayor porcentaje, que estacas con hojas viejas o demasiado endurecidas; y
- 7.) El mejor enraizamiento de las estacas herbáceas y de árboles sin brotación, se explica por el mayor contenido en Biotina, Auxinas y Nitratos.

VI. — BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1.— **Bowman, F.C.** Propagación vegetativa del cacao por estaca. Rev. Centro Int. del Cacao. 2: 1-6. 9 (1950).
- 2.— **Boas, F.** Ueber die Hefewuchsstoffe. Angew. Botanik. 18: 30-318. 1935.
- 3.— **Cheesman, E. E.** The vegetative propagation of cacao. Empire Jour. Exp. Agr. 2: 3-7. 1934.

- 4.— **Cheesman, E. E. y G. E. L. Spencer.** General notes on technique with cacao cuttings. Fifth annual report on cacao Res. 4-7. 1935.
- 5.— **Gregory, L. E.** Una nota sobre el enraizamiento de clones de Hevea. Rev. Int. de Ciencias Agrícolas. 1: 201-203, 4 (1951).
- 6.— **García C. y Naundorf, G.** Ensayos comparativos con las diversas fitohormonas en el enraizamiento de estacas de cacao. Notas Agronómicas. 3: 191-193, 3 (1950).
- 7.— **Koeg¹, F.** Ueber Wuchsstoffe der Auxin- und Bios gruppe. Berichte der Dtsch. chem. Ges. p. 16-28, 68. 1935.
- 8.— **Llano Gómez, E.** Cultivo del Cacao. Ministerio de Economía Nal. Bogotá. Colombia. p. 70-75, 1947.
- 9.— **Murray, D. B.** Un resumen de investigaciones sobre la fisiología del cacao que se llevan a cabo en el Colegio Imperial de Agricultura Tropical. Comité Técnico Int. del Cacao. Guayaquil, 1952.
- 10.— **Naundorf, G.** Las fitohormonas en agricultura. Salvat Editores S.A. Primera Edic. pp. 6-215, 1951.
- 11.— **Naundorf, G.** Contribución a la propagación vegetativa del cacao (*Theobroma cacao* L.) por estacas. Ensayos comparativos entre los dos diversos métodos. Notas Agronómicas. 3: 155-164, 2 (1950).
- 12.— ———— Influencia de las lesiones mecánicas en el enraizamiento de estacas de *Theobroma cacao* L. Notas Agronómicas. 3: 167-171 2 (1950).
- 13.— **Pyke, E. E.** Vegetative propagation of cacao. II. Softwood cutting. Second Annual Report on cacao Res. p. 5-9, 1932.
- 14.— **Richards, D. A.** Notes on the vegetative propagation of cacao by cuttings. The Journ. of Hort. Sci. 14: 192-198, 3 y 4 (1948).