

Ensayos en la propagación del Achiote  
(Bixa orellana L.) por estacas y determi-  
nación de pérdidas de viabilidad  
de sus Semillas

P O R

*Eduardo Miño Boyes*

**T E S I S**

PRESENTADA A LA  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION  
DEL TITULO DE ..

INGENIERO AGRONOMO

El Zamorano, Honduras  
Abril, 1990

BIBLIOTECA WILSON POPENOE  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
CALLE 11 DO 13  
TEGUCIGALPA HONDURAS

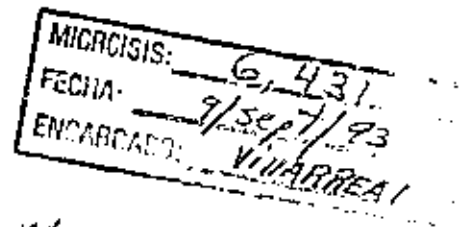
ENSAYOS EN LA PROPAGACION DEL ACHIOTE (Bixa orellana L.) POR  
ESTACAS Y DETERMINACION DE PERDIDA DE VIABILIDAD DE SUS  
SEMILLAS

Por

EDUARDO MIÑO BOYES

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana  
permiso para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para los usos que considere necesarios.

Para otras personas y otros fines, se reservan  
los derechos de autor.



*Eduardo Miño Boyes.*

Eduardo Miño Boyes

Abril - 1990

AGRADECIMIENTOS

Al Banco Interamericano de Desarrollo (BID) por la Beca que me otorgaron.

A los Doctores Simón Malo, Daniel Meyer, George Pilz y de una manera especial al Doctor Jorge Román.

A mi Familia.

Al Señor Gonzalo Nuñez y familia por el especial apoyo que me brindaron.

Al Señor Werner y Karina de Schroeder, por su valiosa ayuda hacia mi persona.

A Meike.

A los Doctores Alfredo Montes, Juan José Alán y Leonardo Corral por sus oportunos y valiosos consejos.

A mi Asesor principal, el Ingeniero Odilo Duarte por brindarme sus consejos y estar dispuesto a colaborar en el desarrollo de mi tesis.

A mis amigos Fernando Pinoargote, Roberto Ordoñez quienes me dieron su apoyo.

A mis compañeros Oswaldo Sierra, Patricio Tapia, Jose Davó, Juan Carlos Andrade, Claudio Velasco, Dante Fuentes, Juvencio Rivero y Mauricio Zúñiga por su amistad.

iv  
INDICE

	PAG.
I RESUMEN.....	1
II INTRODUCCION.....	2
III REVISION DE LITERATURA.....	3
IV MATERIALES Y METODOS.....	8
V RESULTADOS Y DISCUSION.....	13
VI CONCLUSIONES.....	35
VII RECOMENDACIONES.....	36
VIII BIBLIOGRAFIA.....	37
IX APENDICES.....	38

## INDICE DE CUADROS

	PAG.
Cuadro 1.- Separación de medias en orden cronológico para el conjunto de semillas a lo largo de 10 meses. El Zamorano, Honduras. 1989-1990. . . . .	14
Cuadro 2.- Porcentaje de germinación mensual de semillas de achiote cosechadas en Abril y almacenadas en bolsa de plástico al medio ambiente (M.A.) y en cuarto a 22 °C . El Zamorano, Honduras. 1989-90. . . . .	15
Cuadro 3.- Separación de medias en orden descendente la interacción de líneas por ambientes en la germinación de semillas de achiote. El Zamorano, Honduras. 1989. . . . .	18
Cuadro 4.- Separación de medias para la interacción meses/línea, en orden de importancia para la germinación de diversas líneas de achiote. El Zamorano, Honduras. 1989-90. . . . .	20
Cuadro 5.- Separación de medias en orden arrojado para la interacción mes/ambientes para los casos más importantes en la germinación de diversas líneas de achiote. El Zamorano, Honduras. 1990. . . . .	23
Cuadro 6.- Efecto de diversos tratamientos con ácido giberélico en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de 4 líneas de achiote. El Zamorano, Diciembre 1989. . . . .	25
Cuadro 7.- Resultados de enraizamiento de estacas basales semileñosas de achiote sin hojas, a la semisombra. El Zamorano, Octubre de 1989. . . . .	29
Cuadro 8.- Resultados de enraizamiento de estacas basales de achiote sin hojas, bajo invernadero de vidrio con nebulización. El Zamorano, Diciembre 1989. . . . .	31
Cuadro 9.- Resultados de enraizamiento de estacas basales de achiote bajo túnel hermético de plástico. El Zamorano, Noviembre 89 - Feb. 90. . . . .	33

INDICE DE FIGURAS

	PAG.
Figura 1.- Interacción líneas y medios de almacenamiento El Zamorano, Honduras. . . . .	19
Figura 2.- Interacción meses-líneas para la germinación de semillas. El Zamorano, Honduras . . . . .	21
Figura 3.- Efecto del ácido giberélico en tamaños de plántula. El Zamorano, Honduras. . . . .	26

## INDICE DE APENDICES

	PAG.
Apéndice 1.- Fechas de siembra y días a la germinación del ensayo de viabilidad de la semilla. El Zamorano, Honduras. 1990. . . . .	38
Apéndice 2.- Análisis de varianza para la variable viabilidad de las semillas. El Zamorano, Honduras . 1990. . . . .	39
Apéndice 3.- Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación, aplicando ácido giberélico. El Zamorano, Honduras. 1990. . . . .	39
Apéndice 4.- Separación de medias para la interacción mes/líneas de la viabilidad de sus semillas en orden arreglado. . . . .	40

## I. RESUMEN

Se hicieron diversos ensayos en achote (Bixa orellana L.), con el fin de determinar la longevidad de la semilla, el efecto del ácido giberélico sobre la germinación y el uso de estacas para su propagación asexual. Para estudiar la longevidad, se hicieron siembras mensuales encontrándose que la semilla comenzó a perder su viabilidad a partir del octavo mes. Se encontró que el almacenamiento de la semilla en bolsa de plástico a temperatura ambiente, es mejor que a 22 °C.

El ácido giberélico aplicado en concentraciones de 10, 100 y 1000 ppm no tuvo ningún efecto estadísticamente sobre el porcentaje de germinación y el crecimiento de la plántula. El remojo de las semillas por 24 horas en agua aumentó la velocidad de germinación de 12 a 7 días.

Las estacas terminales con hojas y terminales sin hojas no dieron resultados positivos, mientras que las basales tratadas con ácido indol-butírico ("Hormodin") a concentraciones de 1000 y 3000 ppm, sobre todo la última, enraizaron mejor bajo cubierta de plástico hermético, bajo 73% de sombra y con una mezcla de 3 partes de arena, 1 parte de aserrín y 1 parte de tierra, logrando hasta un 72% de enraizamiento. El uso de nebulización no fue tan eficaz y el estacado bajo sombra, sin cubierta plástica, no resultó.



## II. INTRODUCCION

El achiote o anato (Bixa orellana L.) es un arbusto de rápido crecimiento, originario de América tropical y pertenece a la familia de las Bixáceas. Esta planta adquiere cada vez mayor importancia debido a que sus semillas producen un colorante natural atóxico, cuya demanda se está incrementando por la prohibición de usar colorantes sintéticos en los alimentos en los países desarrollados.

El principio colorante del achiote es la bixina, que se usa en la fabricación de productos lácteos, fármacos, cosméticos, barnices, repelentes de insectos, cicatrizantes y tintes. Además contiene un alto porcentaje de pro-vitamina A.

La creciente importancia del achiote hace necesario lograr la mayor tecnificación y productividad del cultivo y en esto, la propagación eficiente y la uniformidad de plantas, con la posibilidad de usar material clonal, son de gran importancia. Es por ello que en el presente trabajo se buscaron las respuestas a algunos interrogantes sobre la propagación sexual y sobre la propagación por vía vegetativa (estacas), usando métodos prácticos y aplicables a la realidad de las zonas productoras.

### III. REVISION DE LITERATURA

Existen muy pocas referencias bibliográficas sobre la propagación asexual del achiote. En casi todos los manuales y guías del cultivo se menciona el uso de la propagación por semilla sin especificar mayores detalles indicando sólo que debe ser fresca.

Según Catalán (1974) la propagación sexual (semillas) es el sistema más difundido, debiéndose seleccionar árboles sanos, productivos, vigorosos y bien formados, escogiendo las mejores cápsulas en estado sazón y de mayor tamaño. No se recomienda tomar semillas de más de 12 meses, ya que poseen un bajo poder germinativo.

En muchas especies tropicales, particularmente el achiote, Morales (1962) indica que el mantenimiento en colecciones vivas representa la única alternativa factible en conservación, debido a que el almacenamiento de semillas en cámaras frías no puede realizarse por mucho tiempo, pues su poder germinativo decae rápidamente, pero no especifica qué tiempo puede durar la viabilidad de la semilla ni la temperatura ideal de almacenamiento.

Por otro lado, Arce (1983), en Costa Rica, determinó que como en toda semilla, a mayor edad, baja su capacidad

germinativa, pero sin indicar el porcentaje de pérdida de viabilidad a través del tiempo o los límites cronológicos.

En trabajos sobre el comportamiento de la semilla de achiote, Goldbach (1979) determinó las condiciones favorables para el almacenamiento convencional de ésta. La semilla no fue tan sensible a la disminución de su contenido de humedad y a las bajas temperaturas como la semilla de café o cacao, y un contenido de humedad constante de la semilla de un 9.8 % fue mejor que un 4.2 %. El almacenamiento a 20 °C por un año, resultó en una significativa reducción de su viabilidad; sin embargo, a 23 °C no hubo mayor disminución.

El empleo de reguladores como el ácido giberélico para facilitar la germinación, tiene una importancia significativa en la fisiología de algunas semillas. Hartmann y Kester (1983) indican que las aplicaciones exógenas con giberelinas pueden superar el letargo fisiológico en semillas de varias especies y también mejoran el porcentaje y velocidad de germinación en muchas especies, así como el crecimiento de las plántulas. Por otro lado, en algunas semillas viejas se mejora el porcentaje de germinación.

Uno de los problemas del achiote y de la mayoría de plantas de polinización cruzada, es que cuando se propaga por semilla, la plantación no es uniforme, lo que lleva a una serie de inconvenientes y a una baja en la eficiencia productiva (Rivera, 1973). En ese sentido la propagación por vía asexual produce notables ventajas.

Se han realizado pocos trabajos en la propagación asexual en el achiote. Ocampo (1983), recomienda el enraizamiento en cajas que contengan arena o mezcla con tierra, debiendo colocarse en la sombra y que las estacas de madera dura son las que enraizan mejor.

Para mejorar el enraizamiento de estacas, se emplean con éxito las auxinas y éstas, en forma natural o aplicadas artificialmente, son un requerimiento para la iniciación de raíces adventicias. Se ha demostrado que la división de las primeras células iniciales de raíz depende de la presencia de auxina, ya sea aplicada o endógena. Hartmann y Kester (1983).

Hartmann y Kester (1983) indican que las ramas leñosas de un año o más de edad, han acumulado carbohidratos en sus bases y tal vez, bajo la influencia de sustancias promotoras del enraizamiento procedentes de las yemas y las hojas, han formado en las partes basales algunas iniciales de raíces. En forma general, para estimular el enraizamiento de estacas de tallo en la mayoría de especies, se recomienda como más efectivos el ácido indol-butírico (AIB) y el ácido naftaleno-acético (ANA).

Según Aliaga (1983) las estacas del achiote deben tratarse con ácido indol-butírico. Las estacas se colocan en cajas enraizadoras, teniendo mayor éxito las de madera semileñosa o dura. Es necesario que las cajas enraizadoras tengan una tierra franco arenosa, debidamente desinfectada.

Para la aplicación de auxinas en polvo en la base de las estacas, Hartmann y Kester (1983), recomiendan practicar heridas ya que éstas estimulan a los tejidos para que entren en división celular y produzcan primordios radicales. Esto se debe a una acumulación natural de auxinas y carbohidratos en el área lesionada y a un incremento en la respiración. Además, los tejidos lesionados son estimulados para que produzcan etileno, el cual promueve la formación de raíces adventicias.

De acuerdo con Hartmann y Kester (1983) la ventaja de tratar las estacas con sustancias reguladoras del crecimiento del tipo auxina son : aumentar el porcentaje de estacas que forman raíces, acelerar la iniciación de raíces, aumentar el número y la calidad de las raíces producidas por estaca y aumentar la uniformidad del enraizamiento.

Según Arce (1989), en Turrialba, Costa Rica, las estacas de aproximadamente 1 año de edad y de un tamaño entre 25 a 30 cm, enraizan muy bien en presencia de ácido indol-butírico (IBA) a una concentración de 2000 ppm. El tipo de estaca usado en el CATIE es terminal. Indica también que los estacones de 1 a 1.9 m de largo enraizan bastante bien cuando se plantan directamente en el suelo ( aún sin tratamiento con auxinas), habiendo obtenido porcentajes de enraizamiento del 70 % usando aserrín estéril y hasta de 95 % usando musgo como material enraizador. Este mismo autor, en otra comunicación personal, indica haber obtenido buenos resultados con estacas

terminales recién cosechadas de 20 a 25 cm con brotes y 4 a 6 hojas maduras, colocadas en arena de río limpia, previo tratamiento con 2000 a 2500 ppm de Ácido indol-butírico (IBA) y bajo un túnel regado cada 2 a 3 horas en el día para mantener la humedad.

#### IV. MATERIALES Y METODOS

##### Cambios en la viabilidad con la edad de las semillas

Se utilizaron semillas cosechadas en el mes de Abril de 1989 haciendo siembras mensuales de cuatro líneas (#2,#3,#4,#5) seleccionadas de acuerdo con su producción en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. Parte de estas semillas estuvo al medio ambiente, otra en cámara a 22 °C con un 60 % de humedad relativa. Todos los tratamientos se almacenaron en bolsas de polietileno cerradas.

Para la prueba de germinación se utilizaron ocho bandejas de espumaflon de 67\*34\*6 cm. con 128 hoyos cada una y como medio de germinación se utilizó una mezcla de : 2 partes de tierra, 2 partes de aserrín y 1 parte de arena. La mezcla fue previamente desinfectada con bromuro de metilo a razón de 1lb/m<sup>3</sup>.

Las bandejas se ubicaron en un invernadero de plástico tipo "Quonset" del departamento de Horticultura, con riegos diarios. La temperatura dentro del invernadero fluctuó entre 26 a 40 °C en el día y de 22 a 30 °C en la noche.

Las siembras se hicieron mensualmente desde Mayo de 1989 y hasta Febrero de 1990 usando un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 4\*10\*2 donde las cuatro líneas fueron la 2,3,4 y 5, con diez meses y dos medios de

almacenamiento (al medio ambiente y en cuarto a 22 °C). La siembra consistió en cuatro repeticiones de 50 semillas por tratamiento. En cada fecha de siembra se evaluó la velocidad, el porcentaje y el ritmo de germinación a intervalos de dos veces por semana, dejándose de evaluar cuando durante más de 30 días no germinaban más semillas.

#### Efecto del ácido giberélico en la germinación en las semillas

En el mes de Octubre se hizo un ensayo de las cuatro líneas seleccionadas anteriormente (#2,#3,#4,#5), que fueron remojadas 24 horas en soluciones acuosas de 0 (testigo), 10, 100 y 1000 ppm de ácido giberélico con el objeto de ver si se mejoraba el porcentaje de germinación, la velocidad de emergencia y el crecimiento de las plántulas, en un momento en que se suponía que la semilla ya se estaba deteriorando por la edad (seis meses).

La siembra se efectuó en cajas de madera de 60x40x15 cm y como medio de crecimiento se utilizó una mezcla de : 2 partes de tierra, 2 partes de aserrín y 1 parte de arena. La mezcla fue previamente desinfectada con bromuro de metilo a razón de 1 lb/m<sup>3</sup>.

Se efectuaron cuatro repeticiones de 25 semillas por tratamiento con un diseño completamente al azar en un arreglo factorial de 4x4 donde se utilizaron las líneas (2,3,4 y 5) con cuatro tratamientos a 0, 10, 100 y 1000 ppm de AG.



Las bandejas de las semillas se colocaron en el mismo invernadero usado para los ensayos de germinación.

Se hicieron evaluaciones semanales del porcentaje de germinación y al final se determinó la altura de las plántulas con lecturas a los 25 y a los 50 días, para lo que se utilizó un diseño de parcela dividida en el que las parcelas principales tenían un arreglo factorial de 4\*4. En la subparcela se consideró dos lecturas de altura de planta. Los tratamientos en las parcelas principales fueron totalmente aleatorizadas y hubo cuatro repeticiones, cada una de 25 semillas.

#### Ensayos de propagación por estacas

Durante los meses de Junio, Julio y Agosto se tomaron estacas terminales de 15 cm de largo con hojas y estacas semileñosas de 25 a 30 cm de largo sin hojas de la parte media y terminal de las ramas del año, con un diámetro aproximado de 1 a 1.5 cm en la base.

En los siguientes ensayos se tomaron estacas de porciones basales de las ramas del año, localizadas en la zona II del departamento de Horticultura. Cada estaca basal tenía unos 25 a 30 cm. de largo y de 1.5 a 2 cm de diámetro en la base. Para esto se utilizaron estacas de tres líneas seleccionadas (#2,#3,#4). Las estacas, luego del corte, se desinfectaron en una solución de "Benlate" al 4 por mil.

Para las estacas del tipo terminal con hojas y las estacas semileñosas y medias se usaron cuatro repeticiones de 15 estacas por tratamiento y se las trató con ácido naftaleno-acético a razón de 0, 2000 y 4000 ppm. Para las estacas del tipo basal se utilizaron cuatro repeticiones de 10 estacas por tratamiento, con un testigo, "Hormodin 1" y "Hormodin 2" (1000 y 3000 ppm de ácido indol-butírico, respectivamente).

Las estacas terminales con hojas y las terminales e intermedias sin hojas se pusieron en cajas enraizadoras de 40\*40\*15 cm, llenas con un medio enraizante consistente en una mezcla de 50 % de arena, con un 50 % de aserrín descompuesto, previamente desinfectados; además, se preparó un túnel de plástico colocando arcos de alambre por encima de las cajas y cubriéndolos con polietileno transparente de 2 milésimas de pulgada de espesor y se cubrió a los costados con tierra para hacer un ambiente hermético a la pérdida de agua.

Para el experimento de las estacas basales sin hojas se presentaron tres ambientes distintos : 1- Nebulización en un invernadero de vidrio; a intervalos de cada 3 minutos y con 15 segundos de duración, usando arena gruesa de río esterilizada y desinfectada con bromuro de metilo a razón de 1 lb/m<sup>3</sup>. 2- Semisombra, que se obtuvo en un invernadero cubierto con mallas de tipo "Saran" con 73 % de sombra. Se llenaron bolsas de polietileno negro de 4 milésimas de pulgada de espesor de 30\*30 cm con un medio de enraizamiento

consistente en 3 partes de arena, 1 parte de aserrín y 1 parte de tierra. Las estacas fueron enterradas en el medio  $3/4$  partes de su longitud. 3- A la semisombra bajo túnel de plástico en el mismo invernadero de media sombra. La diferencia consistió en que todo el grupo de bolsas fue cubierto en un túnel hermético de plástico transparente como en el caso de las estacas terminales, para mantener un 100% de humedad relativa para no tener que regar.

Se usaron las mismas bolsas de polietileno descritas anteriormente y se enterraron también  $3/4$  partes de las estacas.

A los tres meses de iniciados los tratamientos se hicieron las evaluaciones de las siguientes variables :1.- Porcentaje de estacas enraizadas. 2.- Número de raíces por estaca y su longitud en cm. 3.- Se estimó el número de días que demoró el inicio del enraizamiento haciendo muestreos a partir de la tercera semana de iniciado el proceso. Para la evaluación de los tratamientos se usó un diseño completamente al azar en un arreglo factorial de  $3 \times 3$  donde los tres primeros factores eran las 3 líneas seleccionadas y los otros factores eran los tratamientos a 0 (testigo), 1000 y 3000 ppm de ácido indol-butírico.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### Cambios en la viabilidad con la edad de las semillas

Las siembras de las cuatro líneas se iniciaron en Mayo de 1989 y terminaron en Febrero de 1990. (Ver Anexo 1).

Se evaluó la velocidad y el porcentaje de germinación para determinar la viabilidad de la semilla durante sus primeros 10 meses de almacenaje. Las semillas habían sido cosechadas en el mes de Abril de 1989.

En el análisis estadístico realizado para el ensayo (Anexo 2), se determinó que todos los factores (meses, líneas y ambientes) fueron significativos al 1% de probabilidad al igual que sus interacciones.

Al realizar la separación de medias para los 10 meses, se nota en el Cuadro 1 una tendencia ascendente hasta llegar a la máxima germinación entre Septiembre y Noviembre y luego descender. Se puede notar que el mes de Septiembre fue el de mayor porcentaje de germinación para el conjunto de semillas, en las condiciones climatológicas de El Zamorano. También se puede notar en el Cuadro 2 que en Mayo y Junio la línea 2 tuvo la mayor germinación y en los meses desde Julio a Enero la línea 3 almacenada al medio ambiente superó a todas las demás y por último en Febrero, la semilla almacenada en el cuarto

Cuadro 1. Separación de medias en orden cronológico para el conjunto de semillas a lo largo de 10 meses. El Zamorano, Honduras, 1989-1990.

Mes	año	Separación de medias
Mayo	89	30.57 E
Junio	89	34.87 D
Julio	89	28.72 E
Agosto	89	35.97 CD
septiembre	89	44.74 *A
Octubre	89	41.83 B
Noviembre	89	44.54 A
Diciembre	89	38.67 C
Enero	90	37.68 C
Febrero	90	33.30 D

\* Los promedios seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba DMS al nivel de 1% de probabilidad.

CUADRO 2. Porcentaje de germinación mensual de semillas de achicote cosechadas en abril y almacenadas en bolsas de plástico al medio ambiente (M.R.) y en cuarto a 22 °C (C.F.). El Zamorano, Honduras. 1989-90.

Mes	Línea 2		Línea 3		Línea 4		Línea 5	
	MA	22C	MA	22C	MA	22C	MA	22C
Mayo	41.24	31.2	31.46	34.43	26.73	19.77	28.91	30.74
Junio	46.14	23.49	39.79	34.43	29.94	30.53	30.42	33.12
Julio	34.67	25.03	44.63	34.43	29.42	14.63	23.51	23.91
Agosto	44.89	33.14	51.71	40.02	32.73	27.13	28.59	23.38
Septiembre	46.43	42.63	62.31	43.63	37.42	37.38	37.29	44.71
Octubre	43.63	36.81	56.53	43.62	35.43	42.11	36.11	31.23
Noviembre	41.73	33.34	62.13	47.23	46.14	47.23	38.01	38.33
Diciembre	35.44	37.05	50.03	46.14	34.33	39.33	31.23	34.66
Enero	41.81	36.34	52.83	47.01	37.37	34.01	25.73	25.11
Febrero	32.53	33.30	46.14	47.04	31.13	30.31	22.31	21.01

a 22°C de la línea 3 tuvo un mayor porcentaje de germinación con respecto a las otras líneas.

Los resultados parecen indicar que la semilla tuvo un proceso de postmaduración, ya que en el mes de Julio la germinación decayó después de ascender desde el mes de Mayo, para volver a ascender en Septiembre a Noviembre. Se puede explicar este hecho de acuerdo con Pollock y Toole (1962) que indican que la germinación puede mejorar por efecto de una postmaduración que permitiría la acumulación de compuestos faltantes hasta un nivel que favoreciera la germinación.

La viabilidad de las semillas de achiote decayó notablemente en el lapso de un año, lo que concuerda con Stanley y Butler (1962) quienes indican que la semilla vive tanto tiempo como las condiciones externas (contra las cuales las cubiertas de las semillas las protegen) lo permitan y las condiciones internas mantengan activas a las enzimas y exista un buen equilibrio de las sustancias químicas. Sólomente bajo estas condiciones puede el embrión producir nuevas células y una planta vigorosa. Los resultados del experimento concuerdan con lo indicado por Catalán (1974), quien indica que la semilla de achiote pierde su viabilidad alrededor de 12 meses después de cosechada, ya que comienza a tener un bajo poder germinativo.

En la interacción de las líneas con los ambientes de almacenamiento (medio ambiente y cuarto a 22°C), en el Cuadro 3 se puede observar que la línea 3 es la mejor almacenada a temperatura ambiente y a 22 °C, seguida de la línea 2 al medio ambiente.

Para la línea 5 resultó mejor, aunque no significativamente, el cuarto a 22°C seguido del medio ambiente. Para mayor detalle ver la Figura 1.

Esto indicaría que el almacenaje a 22°C no tuvo efecto benéfico sobre la preservación de la viabilidad de la semilla, por lo que no sería esencial almacenar la semilla en un ambiente especial mientras se siembre antes del año, bastando el uso de bolsas de plástico y la sombra.

En el Cuadro 4 sobre la interacción entre los meses y líneas, al hacer la separación de medias se puede decir que la línea 3, fue la mejor en cuanto a germinación, siguiéndole la línea 2, teniendo todos sus máximos picos de germinación en los meses de Septiembre y Noviembre ( Figura 2). Por otro lado, se puede decir que las líneas 4 y 5 resaltan más por su baja germinación en el mes de Julio, lo que se podría explicar por la falta de postmaduración de la semilla y cierta irregularidad en el sistema de riego que condujo a una baja germinación. La línea 3 es la que mejor germinación presentó llegando hasta un 78%, siguiéndole la 2 , la 4 y por último la 5.

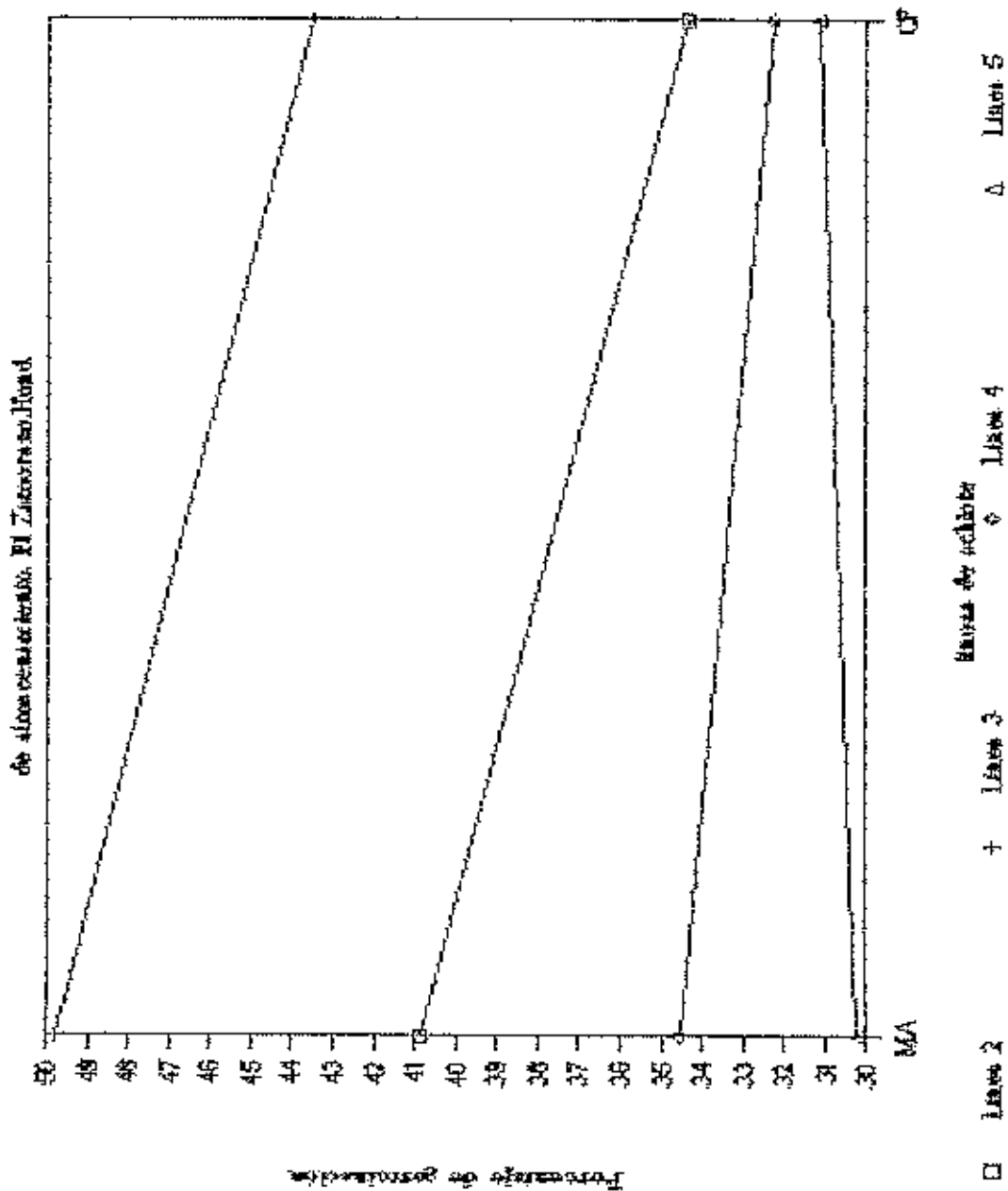


Cuadro 3. Separación de medias en orden descendente para la interacción de líneas por ambientes en la germinación de semillas de achiote. El Zamorano, Honduras. 1989.

Línea	Ambiente	Medias de % de germinación	
3	medio ambiente	49.77	*A
3	cuarto a 22°C	43.51	B
2	medio ambiente	40.58	C
4	medio ambiente	34.54	D
2	cuarto a 22°C	34.36	D
4	cuarto a 22°C	32.26	DE
5	cuarto a 22°C	31.16	E
5	medio ambiente	30.22	E

\* La interacción línea-ambiente que presenta letras distintas difiere significativamente, de acuerdo con la prueba DMS al nivel de 1% de probabilidad.

Figura 1. Interacción líneas y medios

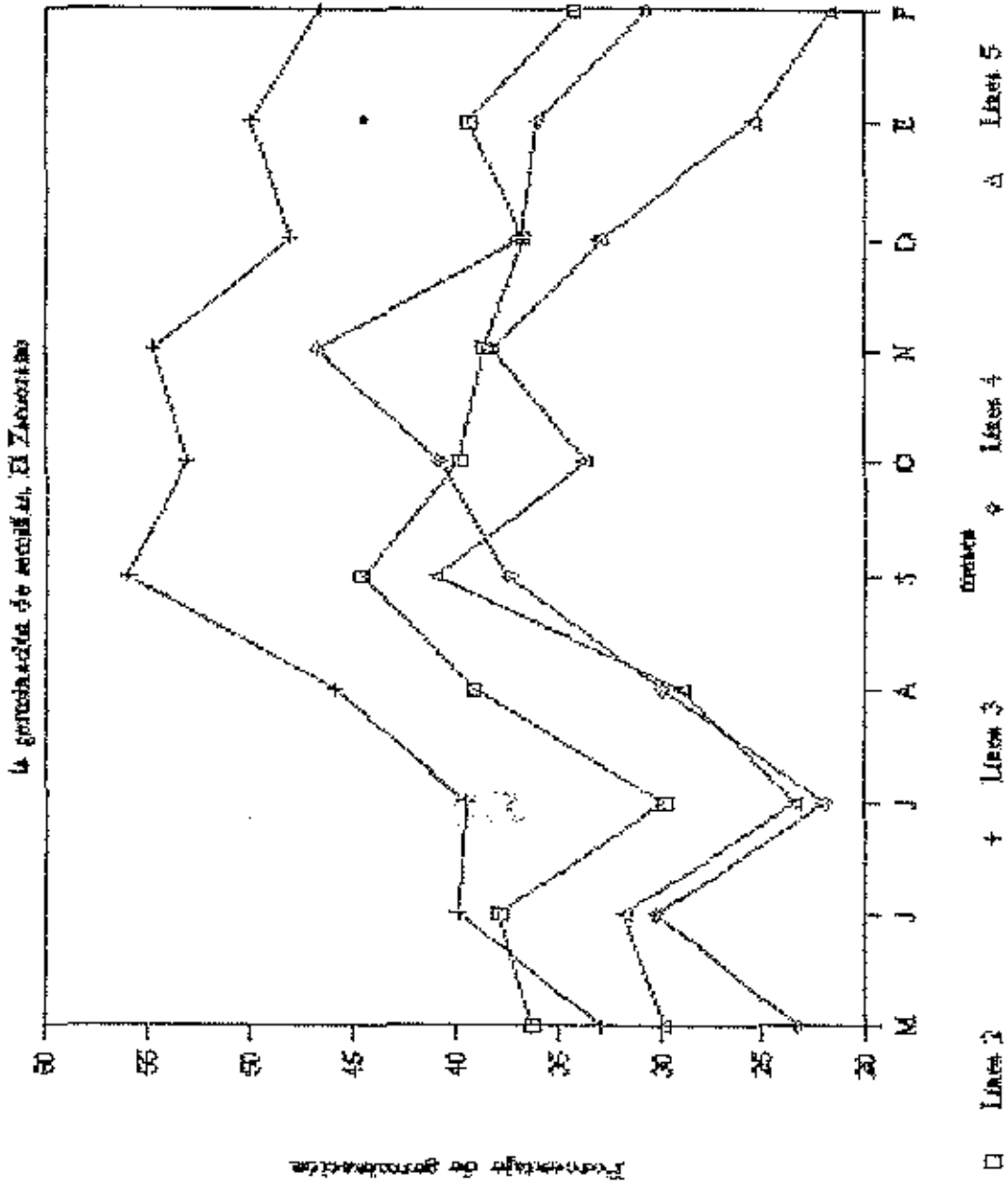


Cuadro 4. Separación de medias para la interacción meses-líneas, en orden de importancia, para la germinación de diversas líneas de achiote. El Zamorano, Honduras. 1989-90.

Mes	Línea	Medias	
Septiembre	3	55.97	*A
Noviembre	3	54.71	AB
Octubre	3	53.09	ABC
Septiembre	2	45.87	DE
Enero	2	39.33	FGHI
Agosto	2	39.07	FGHI
Noviembre	2	38.56	FGHI
Septiembre	4	37.41	GHIJK
Diciembre	4	36.89	GHIJK
Junio	5	31.77	JKLMN
Julio	4	22.03	Q
Febrero	5	21.66	Q

\* Las interacciones mes-línea que presentan la misma letra no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba DMS al nivel de 1% de probabilidad.

Figura 2. Interacción meses-líneas para la germinación de semillas de El Zorrochito



Cabe anotar que parece existir una relación entre el tamaño de la semilla y el porcentaje de germinación, ya que la línea 3 tiene las semillas más grandes, dando mayores porcentajes de germinación. Mientras que la línea 5 con la semilla más pequeña fue la que menor porcentaje y velocidad de germinación tuvo. Para el caso de las semillas de achiote, posiblemente esto obedece a una lógica en cuanto a que una semilla más grande tiene mayores reservas por lo que su viabilidad y vigor o energía son mayores y su deterioro más lento. Para más detalles de la separación de medias del Cuadro 4 ver el Anexo 4.

Por último, sobre la interacción meses/ambientes de almacenamiento, en el Cuadro 5 se puede ver que al hacer la separación de medias la interacción cuarto a 22°C en Julio tuvo un significativo descenso. También se puede resaltar que las semillas almacenadas al medio ambiente tuvieron un mayor porcentaje de germinación que las de cuarto a 22 °C. Esta menor respuesta a 22°C puede deberse a que a esta temperatura la postmaduración demora más que al medio ambiente, que es más abrigado, además hay una gran variabilidad genética de las semillas por provenir de plantas propagadas sexualmente.

El descenso de la germinación luego del máximo en Septiembre hasta el mes de Febrero, posiblemente se debe a un envejecimiento de las semillas de acuerdo con Quick (1962) quien indica que la pérdida de viabilidad es debida a la

Cuadro 5. Separación de medias en orden arreglado para la interacción mes-ambiente para los casos más importantes en la germinación de diversas líneas de achiote, El Zamorano, Honduras, 1990.

Mes	Ambientes	Medias	
Noviembre	medio ambiente	47.01	*A
Septiembre	medio ambiente	45.87	AB
Octubre	medio ambiente	43.71	ABC
Septiembre	cuarto a 22°C	43.61	ABC
Octubre	cuarto a 22°C	39.95	CDE
Junio	cuarto a 22°C	33.16	FGH
Mayo	cuarto a 22°C	29.04	H
Julio	cuarto a 22°C	24.36	I

\* Las interacciones mes-ambiente que presentan una letra común no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba DMS al nivel de 1% de probabilidad.

gradual degeneración de la cromatina ( la materia básica de la herencia) en el núcleo de las células, y del delicado mecanismo de la mitosis, proceso por medio del cual la célula se divide y aumenta su número, por lo que a los 8 a 10 meses la semilla de achote empieza a disminuir notablemente su capacidad de germinación.

#### Efecto del Ácido giberélico en la germinación

En el Cuadro 6 se puede apreciar que los tratamientos con 0, 10, 100 y 1000 ppm de AG tuvieron como resultado una mayor velocidad de germinación que fue de 7 días, en comparación con el método normal en que fue de 12 días aproximadamente, sin diferencia entre tratamientos. Esto se debe, básicamente, al remojo por 24 horas que no se hizo en el ensayo de siembras mensuales. En cuanto a su porcentaje de germinación, claramente se puede apreciar que la mayor germinación la tuvo la línea 3, seguida de la 2, aunque no hubo diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las 4 líneas.

Las alturas tomadas a los 25 días y a los 50 días (Cuadro 6 y Fig. 3), para ver si había diferencias significativas en la velocidad de crecimiento de las plántulas; muestran que hubo algunos efectos positivos de los tratamientos en ácido giberélico en los casos de las líneas 2 y 4, mientras que en las líneas 3 y 5 estas diferencias no se dieron.

Cuadro 6. Efecto de diversos tratamientos con ácido giberélico en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de 4 líneas de achiote. El Zamorano, Diciembre 1989.

línea	Tratamiento con AGA (ppm)	Días al inicio de la germinac.	%	Alturas en cm		
				25 días	30 días	
2	0	7	51	7.16	8.12	DE
	10	7	50	7.17	8.76	D
	100	7	50	8.97	10.00	B
	1000	7	54	8.90	9.37	BC
3	0	7	69	7.17	12.30	B
	10	7	62	8.21	13.70	A
	100	7	67	10.14	12.75	A
	1000	7	62	10.60	11.17	
4	0	7	45	6.11	8.72	DE
	10	7	42	7.08	9.36	CD
	100	7	50	7.51	9.27	CD
	1000	7	35	9.00	9.83	B
5	0	7	47	7.17	8.02	DE
	10	7	42	7.07	7.91	DE
	100	7	47	7.31	7.97	DE
	1000	7	54	6.40	7.45	E

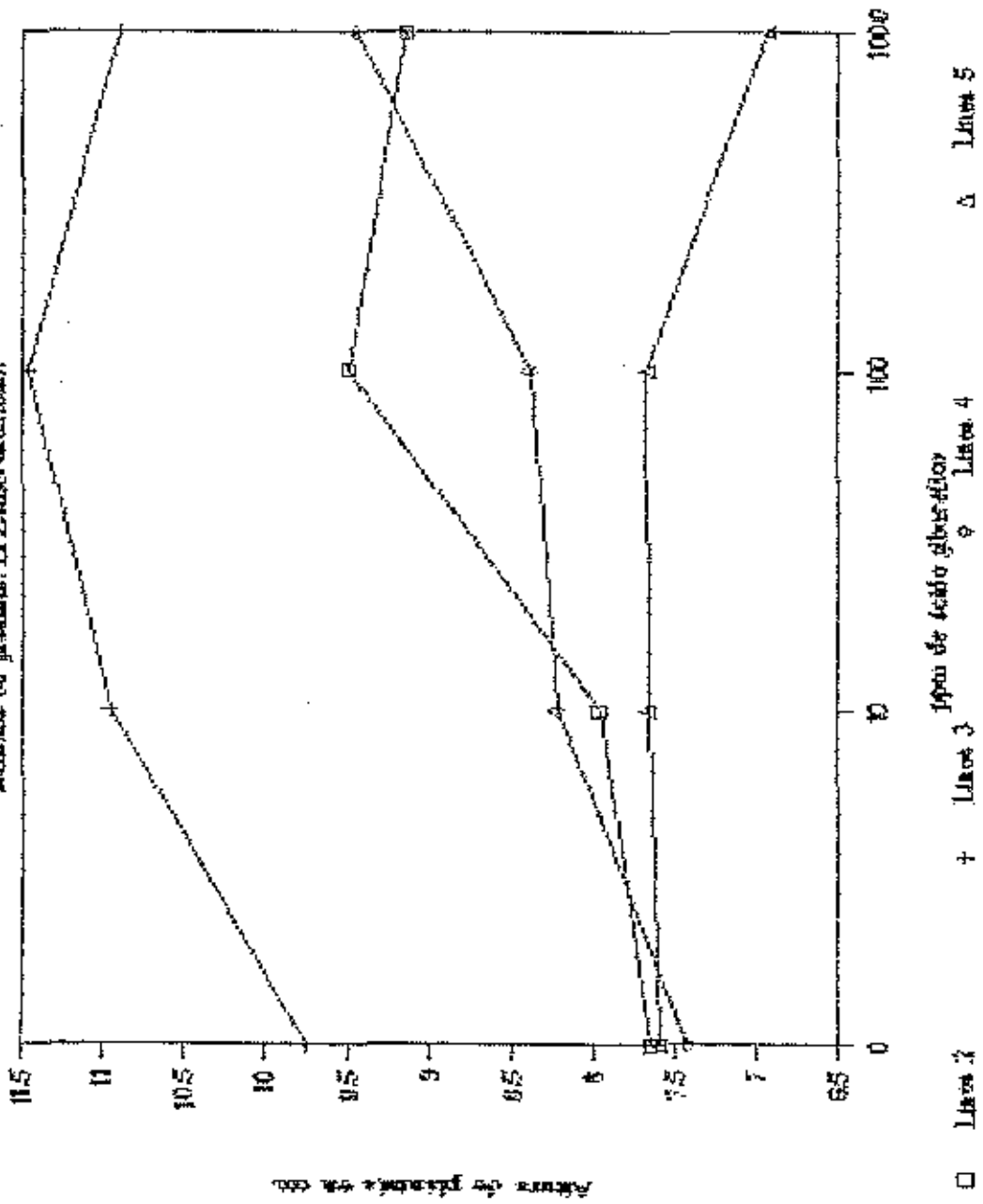
\*\* Total de 25 semillas por cada repetición.

\* La interacción de los tratamientos con las líneas que presentan una letra común no son significativamente diferentes con relación a sus alturas en cm, de acuerdo con la prueba DMS al nivel de 1% de probabilidad.



Fig. 3. Efecto del ácido giberélico en

secretiones de giberelina. (El Zuzuvacuoloni).



Según el ANDEVA realizada para velocidad y porcentaje de germinación usando ácido giberélico (Anexo 3), no existe diferencia significativa aplicando hormonas con el testigo, lo que indica que un remojo en agua por 24 horas tiene el mismo efecto que los tratamientos con ácido giberélico a estas dosis. Lo que sí resultó significativo al 1% de probabilidad fue la diferencia entre las líneas, teniendo la línea 3 la mayor germinación, lo que probablemente esté relacionado con su mayor tamaño de semilla.

Estos resultados coinciden con el orden por porcentaje de germinación obtenido en las siembras mensuales para las mismas cuatro líneas que aparece en el Cuadro 1.

Se puede considerar que no se justificó aplicar ácido giberélico en estas concentraciones para aumentar la germinación de las semillas de achiote y más bien es recomendable remojar las semillas por 24 horas en agua para acelerar la germinación.

Con relación a la interacción ácido giberélico/altura de planta (Fig.3) en la prueba DMS (Cuadro 6) al nivel de 1% de probabilidad muestra que hubo diferencia significativa, en alturas a los 25 días mostraron una superioridad a favor de los tratamientos a 100 y 1000 ppm de AGA. Se pudo notar también que la línea 3 tuvo mayores alturas que las otras.

Ensayos en la propagación por estacas

Los resultados obtenidos con estacas semileñosas medias sin hojas y con terminales con hojas fueron negativos pues se secaron y pudrieron al ser colocadas en túnel hermético de plástico hermético, indicando que el tejido era muy tierno todavía.

Los efectos de 2000 y 4000 ppm de ácido naftaleno-acético no se pudieron evaluar ya que el material se malogró. Se usó este tipo de estacas ya que en Turrialba, Costa Rica, Arce (1983) encontró que éstas enraizaban mejor, pero parece que para las condiciones de El Zamorano, este tipo de material no es el más adecuado para la propagación, posiblemente por la mayor sequedad del clima y mayor temperatura o por una diferente constitución del material.

En vista de los fracasos con estacas terminales y subterminales se procedió a utilizar estacas basales leñosas, para estudiar su enraizamiento.

Estas estacas, colocadas bajo 73% de sombra (Cuadro 7), tampoco dieron buenos resultados. Se puede apreciar que apenas se obtuvo un 20% de enraizamiento con la línea 4, usando 1000 ppm de ácido indol-butírico. Este resultado se puede deber a que las estacas colocadas al medio ambiente, bajo las condiciones de calor se secaron por no estar protegidas de la deshidratación del tallo. También hubo bastante

Cuadro 7. Resultados de enraizamiento de estacas basales semileñosas de achiote sin hojas, a la semisombra. El Zamorano, Octubre de 1989.

línea	Tratamiento	% Enraizamiento
2	Testigo	0
	Hormodin 1	0
	Hormodin 2	0
3	Testigo	0
	Hormodin 1	0
	Hormodin 2	0
4	Testigo	0
	Hormodin 1	20
	Hormodin 2	0

Hormodin 1: 1000 ppm de ácido indol-butírico

Hormodin 2: 3000 ppm de ácido indol-butírico

variabilidad en el ensayo, ya que sólo el 20% enraizó, lo que se puede explicar por el origen sexual de las plantas de las que se obtuvo el material. Cabe añadir que todas las estacas fueron tomadas de ramas de un año de edad, que parece ser el mejor material para propagar el achiote. Según Hartmann y Kester (1983) en los tallos de un año de edad se han acumulado carbohidratos y tal vez la influencia de sustancias promotoras del enraizamiento que ayudan al inicio de las raíces adventicias.

En el ensayo de las estacas basales leñosas sin hojas que estuvieron en invernadero de vidrio con nebulización, hubo una mejora en los resultados de enraizamiento. (Cuadro 8). ya que después de solo 61 días los resultados demostraron la existencia de raíces adventicias.

Bajo este sistema de nebulización que mantiene a las estacas en constante humedad, evitando que se deshidraten, se pudo notar que hasta un testigo (sin hormonas) de la línea 2 enraizó y se obtuvo el mayor porcentaje de enraizamiento con 1000 ppm de IBA en la línea 4. Se utilizó el ácido indolbutírico en concentraciones de 1000, 3000 ppm, ya que Arce (1989), en comunicación personal, indicó que las mayores dosis para el enraizado de estacas de achiote eran de 2000 a 2500 ppm de IBA.

El relativamente bajo porcentaje de enraizamiento se debió a varios factores, tales como una falla de dos días en el sistema de nebulización en Diciembre, lo que causó el

Cuadro 8. Resultados de enraizamiento de estacas basales de achiote sin hojas, bajo invernadero de vidrio con nebulización. El Zamorano, Diciembre 1989.

Línea	Tratamiento	% Enraizamiento
2	Testigo	2.5
	Hormodin 1	5.0
	Hormodin 2	5.0
3	Testigo	0.0
	Hormodin 1	0.0
	Hormodin 2	10.0
4	Testigo	0.0
	Hormodin 1	25.0
	Hormodin 2	17.5

Hormodin 1: 1000 ppm de ácido indol-butírico

Hormodin 2: 3000 ppm de ácido indol-butírico

deterioro de buena parte de las estacas y el hecho de existir una alta variabilidad en las líneas de achioté utilizadas, por ser provenientes de semillas.

Este sistema resultó ser el más eficaz y el que mejores porcentajes de enraizamiento dió, como se puede ver en el Cuadro 9. El enraizamiento se evaluó después de 98 días del tratamiento. Cabe añadir que al tomar los resultados, estas estacas que habían sido plantadas sin hojas, habían brotado y mantenían sus hojas verdes.

Se puede ver en el mismo Cuadro 9 que, los tratamientos tuvieron resultados positivos en todas las líneas seleccionadas, obteniéndose los mejores resultados con las líneas 3 y 4.

En la línea 3 con 3000 ppm de IBA se obtuvo hasta un 71.97% de enraizamiento, lo que es un resultado alentador, seguido por los tratamientos a 1000 ppm para las líneas 3 y 4. Aparentemente, la concentración a 3000 ppm de IBA fue la mejor para este tipo de estaca bajo túnel de plástico.

El ensayo pudo haber dado mejores resultados, si las estacas se hubieran dejado un mes adicional, ya que había muchas en buenas condiciones que todavía no tenían raíces. Los análisis de ANDEVA realizados muestran un coeficiente de variación de 44.95% lo que es alto, pero se debe a la alta variabilidad del material utilizado, proveniente de semilla.

Estos resultados contrastan con los obtenidos en Turrialba donde Arce (comunicación personal, 1989), indica que

Cuadro 9. Resultados de enraizamiento de estacas basales de achicote bajo túnel hermético de plástico. El Zamorano, Noviembre 89 - Feb.90.

Línea	Tratamiento	% Enraizamiento	# promedio de raíces	longitud x raíces (cm)
2	Testigo	12.5 *B	1.00	1.00
	Hormodin 1	12.5 BC	4.00	2.33
	Hormodin 2	15.62 BC	4.00	2.00
3	Testigo	6.25 C	3.00	2.50
	Hormodin 1	21.87 BC	1.44	7.72
	Hormodin 2	71.87 A	3.25	4.92
4	Testigo	18.75 BC	1.66	2.75
	Hormodin 1	18.75 BC	9.55	4.88
	Hormodin 2	28.12 B	9.33	3.08

Hormodin 1: 1000 ppm de ácido indol-butírico

Hormodin 2: 3000 ppm de ácido indol-butírico

\* La interacción líneas -tratamientos que tienen una misma letra común no son significativamente diferentes, de acuerdo a la prueba DMS al nivel de 0.05% de probabilidad.



aparte de utilizar estacas de partes terminales, usa como medio de enraizamiento aserrín estéril y musgo. Se puede agregar que este tipo de propagación parece adecuado para estas estacas, pero no resulta práctico ni económico para un pequeño productor. El tercer ensayo con estacas basales sin hojas, se hizo en condiciones realizables al nivel de cualquier productor, usando un sistema de túnel hermético de plástico, facilitando el reciclaje hídrico, creando su propio microambiente de 100 % de H.R. y evitándose los riegos periódicos. En este caso se empleó una mezcla de arena, aserrín y tierra con buenos resultados. Además, en Turrialba se riega cada dos horas, mientras que con el método de túnel de plástico no se tiene que regar.

## VI. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos llegamos a las siguientes conclusiones:

- 1.- La línea 3 de achiote fue la que mayor porcentaje de germinación tuvo.
2. La época de mayor porcentaje de germinación fue a los seis meses de cosechadas las semillas.
- 3.- El mejor ambiente de almacenaje para las semillas fue en bolsa plástica a temperatura ambiente en sombra.
- 4.- El remojo a las semillas por 24 horas en agua aceleró su velocidad de germinación de 12 a 7 días.
- 5.- La aplicación de ácido giberélico no tuvo ningún efecto en cuanto a acelerar los días a emergencia, a mejorar el porcentaje de germinación, ni en aumentar el crecimiento de las plántulas.
- 6.- Las estacas basales de 25 a 30 cm de largo bajo túnel de plástico diéron los mejores resultados.

## VII. RECOMENDACIONES

De los resultados y conclusiones obtenidos podemos llegar a las siguientes recomendaciones:

1.- Almacenar las semillas de achiote al medio ambiente bajo sombra en bolsas de plástico durante 6 a 8 meses.

las de mayor tamaño.

semillas en agua por 24 horas antes de que acelera notablemente la velocidad de

basales bajo túnel de plástico, tratada con 2500 - 3000 ppm de AIB. Dejarlas bajo túnel plástico durante 120 días para obtener mayores raizamiento.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- 1.- ALIAGA, J. 1985. "Manual del cultivo de Achiote", Departamento de Investigación de Mercados, Gerencia Técnica, FOPEX. Lima, Perú.
- 2.- ARCE, J. 1983. El Achiote: generalidades sobre el cultivo. II. Actividades Turrialba 11(4): 6-8.
- 3.- ARCE, J. 1989. Propagación asexual del Achiote. CATIE. Turrialba Costa Rica. (Comunicación personal).
- 4.- CATALAN, S. 1974. Achiote; Resumen de la información disponible. Guatemala. Ministerio de Agricultura. 16p.
- 5.- GOLBACH, H. 1979. Germination and storage of Bixa orellana seeds. Seed science and technology. Turrialba 7(3): 399-402.
- 6.- HARTMANN, H.T. y D.E. KESTER. 1983. Propagación de plantas, principios y prácticas. trad. Antonio Marino. 3 ed. México, CECSA. 760 p.
- 7.- MORALES, N. 1962. Datos etnobotánicos sobre el cultivo del achiote. Educación 9 (30). San José, Costa Rica. p. 36-38.
- 8.- OCAMPO, R. A. 1983. Aspectos agronómicos sobre el cultivo del Achiote (Bixa orellana) en los cantones de Aguirre y Dota. En: Aspectos sobre el achiote y perspectivas para Costa Rica. CATIE. Serie técnica. Informe técnico No. 47. p. 43-57.
- 9.- POLLOCK, L. ; M. TOOLE. 1962. Semillas. Anuario de Agricultura. USDA. Trad. por Antonio Marino. México, Continental. p. 201-213.
- 10.- QUICK, C. 1962. Semillas. Anuario de Agricultura. USDA. trad. Antonio Marino. México, Continental. p. 181-190.
- 11.- RIVERA, R. 1973. El achiote o bija es planta que tiene muchos usos. La Hacienda (EE.UU.) 68(3):26-29.
- 12.- STANLEY, R. ; W.L. BUTLER. 1962. Semillas. Anuario de Agricultura. USDA. trad. por Antonio Marino. México, Continental. p. 170-181.

Apéndice 1.- Fechas de siembra y días a la germinación del ensayo de viabilidad de la semilla. El Zamorano, Honduras. 1990.

Mes	Día	Año	Días al inicio de la germinación
Mayo	24	89	12
Junio	12	89	12
Julio	25	89	12
Agosto	23	89	10
Septiembre	6	89	11
Octubre	4	89	12
Noviembre	7	89	11
Diciembre	1	89	12
Enero	15	90	11
Febrero	1	90	12

Apéndice 2.- Análisis de varianza para la variable viabilidad de las semillas. El Zamorano, Honduras. 1990.

Fuente de variación	G.L.*	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F
mes	9	8718.33	968.704	56.47 * *
línea	3	11688.11	3896.037	227.11 * *
mes/línea	27	3269.50	121.03	7.06 * *
ambiente	1	995.95	995.954	58.06 * *
mes/amb.	9	665.96	73.995	4.31 * *
línea/amb.	3	758.93	252.977	14.75 * *
mes/línea/amb	27	1418.75	52.546	3.06 * *
Error	240	4117.13	17.155	

\* G.L.= Grados de libertad

\*\* Significativo a  $P < 0.01$

C.V.= 11.17%

Apéndice 3.- Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación, aplicando ácido giberélico. El Zamorano, Honduras. 1990.

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F
hormonas	3	158.23	52.744	1.14 n.s.
líneas	3	1890.53	630.175	13.63 * *
hormonas/lin.	9	190.32	21.147	0.46 n.s.
Error	48	2219.28	46.235	

G.L.= Grados de libertad

\*\* Significativo a  $P < 0.01$

C.V.= 16.86 %

Apéndice 4. Separación de medias para la interacción Mes-líneas de la viabilidad de sus semillas en orden arreglado.

Mes	Línea	Medias	
Septiembre	3	55.97	* A
Noviembre	3	54.71	AB
Octubre	3	53.09	ABC
Enero	3	49.95	BCD
Diciembre	3	48.08	CD
Noviembre	4	46.72	DE
Febrero	3	46.59	DE
Agosto	3	45.87	DE
Septiembre	2	44.56	DEF
Septiembre	5	41.00	EFG
Octubre	1	40.80	EFG
Octubre	2	39.76	FGH
Junio	3	39.64	FGH
Julio	3	39.56	FGH
Enero	2	39.33	FGH
Agosto	2	39.07	FGHI
Noviembre	2	38.56	FGHI
Noviembre	5	38.17	GHI
Junio	2	37.81	GHIJ
Septiembre	4	37.41	GHIJ
Diciembre	4	36.89	GHIJK
Diciembre	2	36.75	GHIJK
Mayo	2	36.22	GHIJKL
Enero	4	35.99	GHIJKLM
Febrero	2	34.22	HIJKLMN
Octubre	5	33.67	HIJKLMN
Mayo	3	32.95	IJKLMN
Diciembre	5	32.95	IJKLMN
Junio	5	31.77	JKLMN
Febrero	4	30.72	KLMNO
Junio	4	30.24	LMNO
Agosto	4	29.95	MNO
Julio	2	29.88	MNO
Mayo	5	29.83	MNO
Agosto	5	28.99	NOP
Enero	5	25.43	OPQ
Julio	5	23.41	PQ
Mayo	4	23.28	PQ
Julio	1	22.03	Q
Febrero	5	21.66	Q

‡ La interacción Mes-líneas que presentan una misma letra común no son significativamente diferentes, de acuerdo a la prueba DMS al nivel de 1% de probabilidad.

IX. DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR .

A. Nombre: EDUARDO MIRO BOYES

B. Lugar de Nacimiento: Guayaquil, Ecuador.

C. Fecha de Nacimiento: 24 de Junio de 1967.

D. Educación:

Primaria: Colegio Americano, Guayaquil.

Secundaria: Colegio Javier, Guayaquil.

Superior: Escuela Agrícola Panamericana, EAP. El  
Zamorano, Honduras.

E. Títulos Recibidos: Agrónomo, 1988.