

**ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA INFLUENCIA DEL ORIGEN DE LOS PADRES
EN LA EXPRESION DEL VIGOR HIBRIDO EN PLANTULAS DE CACAO**

Por

FERNANDO VELLO

**Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA
Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados
Turrialba, Costa Rica**

Enero, 1963

**ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA INFLUENCIA DEL ORIGEN DE LOS PADRES
EN LA EXPRESION DEL VIGOR HIBRIDO EN PLANTULAS DE CACAO**

Tesis

**Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado**

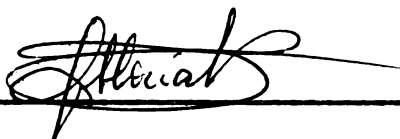
de

Magister Agriculturae

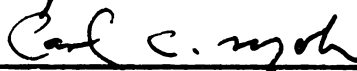
en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:



Consejero



Comité



Comité

Enero, 1963

- a mi esposa e hijos 2

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su profundo agradecimiento al Doctor Jorge Soria V., su Consejero Principal, quien en todo momento le prestó su va liosa dirección y ayuda para la realización del presente trabajo de tesis. Agradece también la colaboración del Doctor Carl C. Moh y del Ingeniero Marcial Machicado, miembros de su comité.

Al gobierno del Estado de Espírito Santo, a los Directores de Escritório Técnico de Agricultura Brasil-Estados Unidos, al Secretario Geral de C.E.P.L.A.C. y al Diretor de Fomento da Produção Vegetal do Ministério da Agricultura, que en Brasil le proporcionaron el permiso y las facilidades necesarios para la realización de sus estudios postgraduados.

A los profesores y personal técnico del I.I.C.A.

Al personal de la Biblioteca, por la ayuda en la revisión de la lite ratura citada.

Al Doctor David Robertson, cuya desinteresada ayuda y orientación, debe la obtención de la beca para realizar sus estudios postgraduados.

De un modo especial a la USAID/Brasil, por haberle otorgado la beca que posibilitó la realización del presente trabajo de tesis.

BIOGRAFIA

El autor nació en Mascarenhas, Estado del Espírito Santo, Brasil, el 23 de agosto de 1924. Realizó sus estudios primarios en su ciudad natal y los secundarios en Vitória, capital del Estado.

En 1946 ingresó a la Escuela Superior de Agricultura de Viçosa, Minas Gerais, graduándose de Ingeniero Agrónomo en diciembre de 1949. Desde entonces trabajó en diversos sectores de la agricultura en su Estado natal, y de 1956 hasta la presente fecha ocupa el cargo de Diretor del E.T.A. - Projeto no. 21, Serviço de Assistência ao Cacau, em Linhares, Espírito Santo.

En julio de 1961 ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, para realizar estudios postgraduados mediante una beca concedida por la USAID/Brasil, egresando en enero de 1963.

CONTENIDO

	<u>Página No</u>
Lista de Cuadros	ix
Lista de Gráficos.....	x
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
1. Influencia del origen geográfico y genético.....	4
2. Medidas para estimación de vigor.....	5
3. Influencia del peso de la semilla.....	6
III. MATERIALES Y METODOS.....	11
1. Descripción de cultivares usados.....	11
2. Combinaciones estudiadas.....	13
3. Métodos de polinización.....	13
4. Número de plantas por tratamiento.....	14
5. Diseño Estadístico.....	14
6. Tipos de mediciones.....	14
7. Análisis Estadísticos.....	16
8. Duración del Ensayo Experimental.....	16
IV. RESULTADOS.....	17
A. Variación de cada carácter independiente.....	17
1. Peso de las semillas.....	17
2. Altura del hipocotilo.....	18
3. Diámetro del tallo.....	19
4. Altura del tallo.....	20
5. Proporción neta de asimilación y proporción re- lativa de crecimiento.....	21
B. Correlación entre los diferentes caracteres.....	21
1. Correlación entre peso de la semilla y altura del hipocotilo.....	22
2. Correlaciones entre peso de la semilla y diá- metro del tallo.....	23
3. Correlaciones entre peso de la semilla y altura del tallo.....	24
V. DISCUSION.....	27
A. Variación de cada carácter independiente.....	28
1. Tamaño de semilla.....	28
2. Altura del hipocotilo.....	29
3. Diámetro del tallo.....	29
4. Altura del tallo.....	29
5. Proporción neta de asimilación y proporción de crecimiento.....	30

	<u>Página No.</u>
B. Correlación de caracteres	31
1. Peso de Semillas y altura del hipocotile...	32
2. Peso de semilla y diámetro del tallo.....	32
3. Peso de semilla y altura del tallo.....	32
VI. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	35
Summary and Conclusions.....	38
VII. LITERATURA CITADA.....	40
APENDICE No. 1	43
APENDICE No. 2.....	58

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro</u>	<u>Página No.</u>
1 Promedios (\bar{X}), Errores standard ($S_{\bar{X}}$) y Coeficientes de variación (CV) de las mediciones de varios caracteres de doce diferentes combinaciones de cacao.....	44
2 Análisis de variancia de los pesos, en miligramos, de las semillas de 12 tratamientos pertenecientes a 5 cultivares de cacao usados como madres.....	45
3 Prueba de Duncan al nivel del 5% para los pesos promedios de las semillas.....	45
4 Análisis de variancia de las alturas de los hipocotilos, en centímetros, al primer mes.....	45
5 Prueba de Duncan al nivel del 5% para los promedios de las alturas de los pipocotilos al primer mes.....	46
6 Análisis de covariancia de la influencia del peso de las semillas sobre la altura del hipocotilo.....	46
7 Análisis de variancia de los diámetros, en milímetros, de los tallos, al final del primer mes.....	46
8 Prueba de Duncan al nivel del 5% para los promedios de los diámetros de los tallos, al final del primer mes.....	47
9 Análisis de covariancia de la influencia del peso de las semillas sobre el diámetro del tallo al primer mes.....	47
10 Análisis de variancia de los diámetros, en milímetros, de los tallos, al final del tercer mes.....	47
11 Prueba de Duncan al nivel del 5% para los promedios de los diámetros de los tallos, al final del tercer mes.....	48
12 Análisis de covariancia de la influencia del peso de las semillas sobre el diámetro del tallo al tercer mes.....	48
13 Análisis de variancia de los diámetros, en milímetros, de los tallos, al final del quinto mes.....	48
14 Prueba de Duncan al nivel del 5% para los promedios de los diámetros de los talles, al final del quinto mes.....	49
15 Análisis de covariancia de la influencia del peso de las semillas sobre el diámetro del tallo al quinto mes.....	49

<u>Cuadro</u>	<u>Página No.</u>
16 Análisis de variancia de las alturas, en centímetros, de los tallos, al final del primer mes.....	49
17 Prueba de Duncan al nivel del 5% para los promedios de las alturas de los tallos, al final del primer mes.....	50
18 Análisis de covariancia de la influencia del peso de las semillas sobre la altura del tallo al primer mes.....	50
19 Análisis de variancia de las alturas en centímetros, de los tallos, al final del tercer mes.....	50
20 Prueba de Duncan al nivel del 5% para los promedios de las alturas de los tallos, al final del tercer mes.....	51
21 Análisis de covariancia de la influencia del peso de las semillas sobre la altura del tallo al tercer mes.....	51
22 Análisis de variancia de las alturas, en centímetros, de los tallos, al final del quinto mes.....	51
23 Prueba de Duncan al nivel del 5% para los promedios de las alturas de los tallos, al final del quinto mes.....	52
24 Análisis de covariancia de la influencia del peso de las semillas sobre la altura del tallo al quinto mes.....	52
25 Proporción neta de asimilación: valores promedios per observación de las doce combinaciones, a la edad de 155 a 176 días.....	53
26 Proporción relativa de crecimiento: valores promedios per observación de las doce combinaciones, a la edad de 155 a 176 días.....	53
27 Análisis de variancia de la proporción neta de asimilación, de los doce tratamientos, a la edad de 155 días...	54
28 Análisis de variancia de la proporción relativa de crecimiento de los doce tratamientos, a la edad de 155 días..	54
29 Coeficiente correlación y porcentaje de asociación para cada combinación, entre pesos individuales de las semillas, diámetros y altura de los hipocotiles y tallos en diferentes fechas.....	55
30 Coeficientes de correlación y porcentajes de asociación con base a los promedios per parcela, entre las doce combinaciones.....	56

CuadrePágina No.

31	Análisis de covariancia de la influencia del diámetro del tallo al primer mes sobre la altura total del tallo al primer mes.....	57
32	Análisis de covariancia de la influencia del diámetro del tallo al tercer mes sobre la altura del tallo al tercer mes.....	57
33	Análisis de covariancia de la influencia del diámetro del tallo al quinto mes sobre la altura del tallo al quinto mes.....	57

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico No.Página N^o

1	Crecimiento promedio en altura del hipocótilo, de doce combinaciones de cacao, al primer mes de edad.....	59
2	Crecimiento promedio en diámetro del tallo, de doce combinaciones de cacao, a tres diferentes edades.....	60
3	Crecimiento promedio en altura del tallo, de doce combinaciones de cacao, a tres diferentes edades.....	61

I. INTRODUCCION

Los progresos de los programas de mejoramiento de plantas perennes tienen diferentes obstáculos de orden técnico y práctico. Entre los principales están, el largo período de tiempo que se necesita para obtener los resultados y las áreas extensas que se requieren para evaluar convenientemente las progenies mejoradas.

Si se pudiera comprobar la existencia de una asociación entre el vigor temprano de las plantitas y su futura habilidad de rendimiento, se obtendría una ayuda efectiva en los programas de selección de las plantitas en sus estados tempranos de desarrollo, evitando desde el comienzo crecer un gran número de plantas débiles que al final tienen que ser reemplazadas.

En plantas anuales de polinización cruzada como el maíz, tomate, girasol, cucúrbitas y otras, y en plantas perennes de polinización cruzada como especies forestales, cacao, etc. se ha informado de la presencia de vigor híbrido en individuos resultantes de cruzamientos de padres de diferente origen genético y geográfico. Es necesario recoger más evidencias experimentales en cruzamientos dirigidos de esta asociación en cacao, para su utilización en programas de mejoramiento.

Con el presente trabajo de investigación se intenta agregar algunos nuevos conocimientos a los ya existentes sobre las manifestaciones de vigor híbrido en plántulas de cacao, además de comprobar algunas de las informaciones publicadas sobre el particular, que son a la presente contradictorias ó incompletas.

Los siguientes objetivos enfocan los problemas que se quieren investigar ó clarificar en este trabajo:

1. Estudio de la influencia del origen genético y geográfico de los padres sobre algunas medidas de vigor en plántulas híbridas de cacao;

2. Determinación de cual ó cuales de las medidas usadas sería mas adecuada para estimar vigor híbrido en la edad temprana de las plantas;

3. Estimación de la influencia del peso individual de las semillas sobre la expresión de vigor en la primera edad de las plantas.

Las plantas del presente trabajo se podrán en ensayos de campo de larga duración, para determinar si existe correlación entre las medidas de vigor usadas y la futura habilidad de rendimiento de las plantas adultas.

II. REVISION DE LITERATURA

La literatura está llena de citas de casos en que el hombre, aunque desconociendo las causas, aprovechaba los efectos del vigor híbrido, tanto en plantas como en animales.

Koelreuter, Knight y Naudin, entre fines del siglo XVIII y principios del siglo XIX, observaron que los híbridos entre razas y especies diferentes de plantas son frecuentemente mas vigorosos cuando comparados con cada uno de sus padres, y Darwin en uno de sus estudios concluyó que "la reproducción cruzada suele ser beneficiosa y la autofecundación perjudicial" para la expresión de vigor en las progénies, según citado por Sinnot y otros (19).

(Durante las últimas cuatro o cinco décadas se han realizado muchas investigaciones sobre híbridos que han mostrado marcado vigor, y varias hipótesis fueron presentadas para explicar las razones del vigor híbrido, siendo generalmente mas aceptadas la de dominancia, propuesta por Bruce y por Keeble y Pellew y la de heterocigosis, primero formulada por Shull y luego por East y Hayes. La hipótesis de dominancia explica el aumento de vigor después del cruzamiento como el resultado de la combinación de diferentes alelos dominantes, contribuidos por cada padre. La hipótesis de heterocigosis fue mejor explicada por East como una acción fisiológica complementaria que resulta en aumento de vigor cuando diferentes alelos se combinan en forma heterocigótica. Shull fue quien primero empleó el término heterosis al referirse al estímulo fisiológico producido por la heterocigosis, y desde entonces heterosis pasó a ser considerada por la mayoría de los investigadores como sinónimo de vigor híbrido, aunque autores

como East, Whaley y otros hagan distinción entre los dos términos. Según Whaley, la palabra heterosis se refería originalmente al estímulo resultante de la unión de gametos diferentes, realizada mediante cualquier procedimiento, mientras que vigor híbrido es la manifestación de los efectos de la heterosis (9, 12, 20, 26, 30).

Aunque persistan diferentes opiniones sobre las verdaderas razones del vigor híbrido, sus consecuencias, expresadas en vigor, crecimiento rápido, precocidad de producción, resistencia a plagas y enfermedades, mayor productividad, etc., son bastante conocidas y buscadas en los diversos programas de mejoramiento de plantas y de animales, y frecuentemente utilizadas en escala comercial en diversas explotaciones agrícolas y en animales de interés económico.

1. Influencia del origen geográfico y genético

Wu (31), Hayes y Johnson (10) y Johnson y Hayes (11) publicaron datos indicando que los híbridos entre líneas endocriadas de maíz de origen genético diferente rindieron más y fueron más vigorosos en promedio que los híbridos entre líneas consanguíneas y entre las variedades originales.

Moll, Salhuana y Robinson (14), trabajando con seis variedades de maíz, en grupos de dos, de diferente región geográfica, concluyeron después de analizar todas las combinaciones posibles entre ellas, que la mayor diversidad genética de los padres está asociada con el mayor grado de heterosis en rendimiento de los cruces resultantes. Resultados idénticos obtuvo Cowan (6) trabajando también con grupos de maíz de diferente origen genético, al concluir que los rendimientos obtenidos de cruzamientos simples entre padres no emparentados, eran significativamente más altos que los cruzamientos entre padres consanguíneos o afines.

Comparando progénies obtenidos de cruzamientos de P. tremula y Populus de una misma localidad, con otras resultantes de padres de diferente origen geográfico, Wettstein (27, 28) informó que obtuvo un aumento de peso marcadamente superior para éstas, cuando se tomaron medidas al final del primer año. Resultados semejantes obtuvieron Carpenter y Guard (5) al cruzar tulipas (Liriodendron tulipifera) de localidades diferentes y compararen con cruzamientos de plantas locales.

Cruzando diez selecciones de cacao amelonado de Africa en Nigéria y comparando las progénies obtenidas con otras autofertilizadas de los mismos padres, Voelcker (25) no encontró evidéncia de vigor híbrido; la ausencia de vigor, concluyó, fue debida a poca variabilidad dentro de la población cruzada. Rüssel (17) usó en sus trabajos, cruzamientos de selecciones de cacao de Nigéria con cacaos Trinitários, que presentan mayor diversidad genética, y al comparar los híbridos con endocrías de los padres, halló que los híbridos resultantes eran superiores en diámetro del tallo, producción de frutos, vigor y precocidad. En estudios comparativos de plantas endocriadas con híbridos, Glendinning (7) constató que los híbridos de diferentes orígenes fueron superiores en vigor comparados con endocrías y cruzamientos dentro de las mismas variedades.

2. Medidas para estimación de vigor

Estudiando durante los primeros diez a doce días de edad líneas endocriadas de maíz e híbridos dobles, Whaley (30) encontró que los híbridos alcanzaron mayor tasa de crecimiento temprano que las endocrías. En variedades de cacao de polinización abierta, Van Der Knaap (24) y Brigdland (4) encontraron correlación positiva significativa entre producción de frutos y circunferencia del tallo. Ascenso (2), en un estudio comparativo entre plantas jóvenes de cacao provenientes de cruzamientos y

endocrías, concluyó que un criterio de selección basado en altura de las plantas parece ser el más eficiente, porque éste carácter además de ser más fácil de medir está fuertemente asociado con el diámetro del tallo, peso fresco de la planta y área foliar. Investigando con cruzamiento y endocrías de cacao de diferentes orígenes, Glendinning (7) llegó a la conclusión de que los híbridos con mayor crecimiento temprano fueron los más productivos. Con base en este resultado, sugirió que la siguiente ecuación podría ser usada como un criterio aproximado para evaluación de productividad, una vez que el crecimiento en diámetro del tallo disminuye marcadamente durante la fase reproductiva: incremento de crecimiento antes de la producción = incremento de crecimiento durante la producción + rendimiento.

Alvin (1) usó relación neta de asimilación y tasa relativa de crecimiento, en un estudio comparativo de tres variedades de café y concluyó que relación neta de asimilación estaba correlacionada con área foliar. Este resultado corroboró estudios realizados para otras especies que han demostrado ser el área foliar, el factor más íntimamente relacionado con la capacidad de producción de las plantas.

3. Influencia del peso de la semilla

Schrock y Stern (18) encontraron que en Pinus el crecimiento de las plantitas en los primeros veintiún días, está correlacionado con el uso de las semillas y con la capacidad de rendimiento en madera de los árboles a los 16 años de edad.

Trabajando con diferentes razas de tomate endocriadas y cruzadas, Ashby (3) concluyó que el mayor vigor en los híbridos se debía a la ventaja inicial del tamaño de los embriones en relación a los padres. En

maíz halló resultados idénticos, deduciendo que la heterosis medida en tamaño de la planta estaba correlacionada con los mayores primórdios en los embriones. Según cita Ashby (3), Passmore en cruzamientos recíprocos de Cucúrbita pepo, concluyó que la heterosis, cuando era medida en área foliar, peso seco y número de hojas, al principio estaba correlacionada con el peso de las semillas, pero al final se igualaba en todos los cruzamientos recíprocos. Ascenso (2) tomando por base el peso promedio de las semillas obtenidas de diferentes cruzamientos y endocrías de cacao, concluyó, que el tamaño de las semillas ejercieron una considerable influencia en el crecimiento de las plantitas, pero que la ventaja inicial se tornó menos aparente cuando las plantas alcanzaron mayor edad.

Sprague (23) estudió incrementos de crecimiento de endocrías de dos razas de maíz y de sus respectivos híbridos recíprocos. Para facilitar el estudio, dividió el período de crecimiento a partir de la fertilización hasta la maduración de la planta, en tres fases: a) de la fertilización hasta la maduración de las semillas; b) de la germinación hasta el estado de plantitas; c) del estado de plantitas hasta la edad adulta. De los resultados obtenidos observó que los híbridos crecieron más rápidamente que cualquiera de los padres en las dos primeras fases. De la tercera fase no obtuvo resultados confiables por errores experimentales. Los híbridos recíprocos fueron iguales en proporción de crecimiento y en crecimiento total. Dentro de un mismo genotipo, cuando no había diferencia inicial en el peso de los embriones, encontró que el peso del embrión era de poca importancia en la determinación del peso final de la planta. De los resultados concluyó, que el vigor híbrido no puede ser atribuido a la diferencia inicial en el tamaño del embrión.

Whaley (29) investigó con diferentes especies de tomate, entre las cuales había una raza enana cuyas semillas eran más pesadas que las de las plantas de tamaño normal. En los cruzamientos que hizo observó, que cuando la raza enana estaba presente como uno de los padres, las semillas híbridas obtenidas eran más pesadas que las semillas de cualquiera de los padres. Comparando progénies híbridas resultantes de cruzamientos de una raza enana con una raza de tamaño normal, con progénies de sus respectivos padres autofecundados, observó que al final del octavo día el híbrido se mantenía más pesado que ambas endocrías, pero la raza de semillas más livianas, ó sea, de tamaño normal había sobrepasado a la raza de semillas más pesadas. Correlacionando el peso de las semillas con el del embrión, concluyó contrariamente a Ashby (3) que el peso inicial del embrión no tiene influencia sobre el incremento de crecimiento ó crecimiento relativo de las plantas. En el segundo período de observación, que comprendió del final de la primera hasta la octava semana, constató que los resultados anteriormente observados se conservaron, lo cual concordaba con los resultados de Ashby (3) de que los híbridos tienen esencialmente la misma proporción de crecimiento que el padre de crecimiento más rápido, pero en más alto nivel. En la fase final de observación, que comprendió de la octava a la décimosexta semana, halló que la diferencia en peso entre los híbridos y sus padres era mayor que en las fases anteriormente estudiadas, cuando los frutos fueron incluidos en la observación. En otro cruzamiento que no incluía variedad enana, las semillas del híbrido fueron menos pesadas que las del padre, pero en la séptima semana de crecimiento el híbrido había sobrepasado al padre de semillas más pesadas, ésto efecto fue aumentando hasta el final del período de investigación.

Luckwill (13) igualmente hizo estudios comparativos de los híbridos obtenidos de cruzamientos entre razas altas y enanas y sus respectivos padres endocriados en tomate. A pesar de que los híbridos exhibieron aumente de peso seco del tallo y hojas, y mayor área foliar total, tamaño individual y número de hojas, no ocurrió así en relación al largo de los entrenudos y a la altura total de las plantas. Los incrementos de crecimiento, medidos en peso seco y altura, fueron los mismos para los híbridos y los padres altos. No hubo diferencias en aumento relativo de producción de hojas, incremento de asimilación y en la duración del período de crecimiento. Los embriones de la F1 fueron significativamente más pesados que los de las razas padres, razón por la que concluyó que la heterosis ya estaba presente en los primórdios híbridos muy jóvenes. Sugiere que la heterosis es debido a la mantención en escala logarítmica de una ventaja inicial en el tamaño del primordio en el embrión.

Hatcher (8) sacó conclusiones contrarias a las de Luckwill (13) al investigar con líneas puras de tomate y con sus respectivas cruzamientos, siendo también enana una de las razas utilizadas. Para estudiar la influencia del tamaño del embrión sobre el desarrollo de las plantas, tomó como base el peso total de la semilla, por considerar que había una correlación positiva entre el tamaño de la semilla y el del embrión. Entre las diversas observaciones concluyó, que no hubo diferencia en crecimiento entre los híbridos recíprocos, eliminando así la influencia del tamaño del embrión en la expresión del vigor, una vez que las plantas resultantes de cruzamientos recíprocos, o sea, con el mismo genotipo, crecieron uniformemente, a pesar de la grande diferencia en peso entre las semillas de que se originaron. El tamaño del embrión, informa, no es un carácter

fijado, una vez que es dependiente del modo de polinización - si natural o artificial -, de factores ambientales, de la posición de la flor en el racimo y en la planta, y sobretodo, de la constitución genética de la madre.

III. MATERIALES Y METODOS

Las plantas que se usaron como padres en las diferentes combinaciones estudiadas, fueron seleccionadas en la colección de germoplasma que mantiene el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, en Turrialba, Costa Rica, donde éste experimento fue realizado.

La selección de los padres fue en gran parte limitada por la edad de los cultivares y por su escasa floración en el período de los trabajos de polinización. También, debido a la desigualdad en la floración de las diferentes plantas, el período de polinización se prolongó de julio a noviembre del año de 1961, y como consecuencia, se extendió igualmente por cuatro meses la cosecha de los frutos para la siembra.

1. Descripción de los cultivares usados

- ✓ **Matina** - Variedad amelonado bastante uniforme, crecida en Centro América, especialmente en Costa Rica. Se usaron cinco plantas de este cultivar. Sus frutos son de forma amelonado, coloración verde blanquizca cuando verdes, con semillas pequeñas y de color morado. El crecimiento es vigoroso, con productividad mediana, siendo sus flores autocompatibles en elevado grado.
- Clon I.M.C. 67** - Origen Amazónico, frutos de tipo amelonado con semillas de tamaño mediano y moradas. El crecimiento es vigoroso, y según se ha informado es de buena productividad y altamente autoincompatible.
- Criollo** - Como representantes del grupo criollo se usaron dos plantas que tienen las características típicas de

la variedad, tanto en las partes vegetativas del árbol, como en la mazorca por su forma, consistencia, y color blanco ó claro, así como por la forma y tamaño de las semillas. Se usó como polinizador en los cruces un árbol de procedencia de Méjico, y como madre en el cruce con el clon I.M.C. 67, un árbol criollo centroamericano.

Clon U.F. 613 - Trinitário, seleccionado en Costa Rica por la United Fruit Co.; frutos de coloración roja y forma amelonado. Buena productividad, crecimiento vigoroso, almendras grandes y de color morado. Este clon presenta elevado grado de autoincompatibilidad.

Clon U.F. 221 - Como el anterior, de origen Trinitário y seleccionado en Costa Rica por la United Fruit Co.; frutos de coloración marrón con fondo de los surcos blanco y forma angoleta. Crecimiento vigoroso, productividad elevada y almendras grandes de color morado. Este clon es altamente autocompatible y aparentemente heterocigote.

Clon R 2 - Tipo Trinitário, originario de Méjico. Este clon (22) es resultante de una selección en cruces naturales de un amelonado con criollo de Méjico. La productividad es alta, cuando comparada con las demás selecciones de esta clase (21). Frutos de forma angoleta, con semillas grandes de coloración rosada y segregantes para blanco. El crecimiento es vigoroso y presenta autoincompatibilidad en elevado grado.

2. Combinaciones estudiadas

Se intentó originalmente obtener todos los cruzamientos dialeles y autofecundaciones posibles entre los seis padres descritos, sin embargo, debido a problemas de incompatibilidades, edad de los clones e irregularidades en la floración, además de las inevitables pérdidas de frutos, solamente se obtuvo las doce combinaciones siguientes: U.F. 613 x U.F. 221; U.F. 613 x Criollo; U.F. 613 x R 2; Matina x U.F. 613; Matina x U.F. 221; Matina x Criollo; Matina x R 2; Matina x I.M.C. 67; Matina autofecundado; U.F. 221 autofecundado; Criollo x I.M.C. 67; y R 2 x Criollo.

Por ser algunos de los cultivares descritos genéticamente relacionados entre sí, se presume que además de las autofecundaciones, otras combinaciones presenten variables grados de consanguinidad. Por lo tanto, tomando en cuenta el grado de parentesco de los padres, se dividió las progénies obtenidas en dos grupos:

1. De igual origen genético: U.F. 613 x U.F. 221; Matina autofecundado; Matina x R 2; U.F. 221 autofecundado; y R 2 x Criollo.
2. De diferente origen genético: Matina x U.F. 613; Matina x U.F. 221; Matina x Criollo; Matina x I.M.C. 67; U.F. 613 x Criollo; U.F. 613 x R 2; y Criollo x I.M.C. 67.

3. Método de polinización

Las semillas híbridas y autofertilizadas fueron obtenidas de polinización a mano, según el método propuesto por Pound (16), con algunas modificaciones adoptadas en este Instituto. La protección de las flores se hizo con tubos de vidrio de 1,8 cm. de diámetro, por 6,0 cm. de largo, con uno de los extremos tapado con gaza y adherido por el otro lado a la planta, con plasticina.

4. Número de plantas por tratamiento

De cada tratamiento se sembró 160 semillas, cuando la cantidad obtenida así lo permitió, y de estas solamente 120 plantitas fueron incluidas en el ensayo de crecimiento, con excepciones en las siguientes combinaciones que tuvieron menor número de plantas: Matina x U.F. 221, con 69 plantas; Matina x Criollo, con 109 plantas; y Criollo x I.M.C. 67, con 98 plantas.

Se sembró una semilla en cada maceta de cartón, la cual contenía 1,5 Kgs. de una mezcla bien homogeneizada de tierra orgánica superficial y aserrín, en la proporción de 4,5 x 1,5.

5. Diseño estadístico

El diseño usado fue un arreglo irrestrictamente al azar, con cuatro repeticiones de treinta plantitas por parcela, excepto en un tratamiento que tuvo solamente tres repeticiones, mantenido bajo invernadero con techo de vidrio blanqueado y protegido lateralmente por reglas de maderas, con 6,0 cm. de claro entre sí. Las macetas fueron distribuidas en mesas y sus posiciones dentro de cada parcela fueron cambiadas mensualmente. Estas medidas y el uso de macetas y suelo uniformes fueron eucaminadas a eliminar en gran parte la variación debido a los factores del medio ambiente y a la edad de las plantitas.

6. Tipos de mediciones

A continuación se describen las mediciones que fueron tomadas en este experimento, y aunque algunas de ellas no se analizaron en el presente trabajo, servirán en la continuación de esta primera fase de la investigación.

Frutos - Forma, largo, diámetro, color, peso fresco, espesor de la cáscara y número de surcos.

Almendras - Número por fruto, color, peso fresco total con testa por fruto y peso fresco individual después de removida la testa.

Fecha de germinación - Cuando los dos cotiledones habían emergido completamente del suelo.

Fecha de caída de los cotiledones - Cuando ambos se habían desprendido completamente del suelo.

Alturas de las plántulas - Del cuello hasta el nudo cotiledonal, denominada en este trabajo altura del hipocotilo, y altura total a la yema terminal, tomadas con intervalos de treinta días a partir de la fecha de la siembra.

Diámetro del tallo - Medido debajo del nudo cotiledonal, en milímetros, a intervalos de treinta días a contar de la fecha de la siembra.

Proporción neta de asimilación y proporción relativa de crecimiento - Para éstas determinaciones se usaron cuarenta plantas de cada tratamiento, elegidas al azar 155 días después de la fecha de la siembra, y divididas en dos grupos iguales de veinte plantas. En las primeras veinte se determinó individualmente: 1) pesos húmedos y secos (en estufa a 70°C. por 48 horas), de las raíces, tallos y hojas en separado; 2) número y área de las hojas. Con la otra mitad se procedió en igual forma, 21 días después de la primera determinación.

Para el cálculo de proporción neta de asimilación se usó la siguiente fórmula propuesta por Gregory:

$$P.N.A. = \frac{(W_2 - W_1) (\log_e L_2 - \log_e L_1)}{(T_2 - T_1) (L_2 - L_1)}$$

En que:

W_2 = Peso seco del segundo muestreo;

W_1 = Peso seco del primer muestreo;

L_2 = Area foliar del segundo muestreo;

L_1 = Area foliar del primer muestreo;

$T_2 - T_1$ = Intervalo de tiempo en semanas, entre el primer y segundo muestreo.

Para el cálculo de proporción relativa de crecimiento, se usó la siguiente fórmula de Fisher:

$$P.R.C. = \frac{\log_e W_2 - \log_e W_1}{T_2 - T_1}$$

7. Análisis estadístico

La variabilidad de las medidas de vigor, entre todos los tratamientos, se determinó mediante análisis de variación y de covarianza, a diferentes edades de las plantitas.

Con la finalidad de determinar la posibilidad de existencia de una asociación entre peso individual de las semillas y crecimiento en diámetro y altura total del tallo, se utilizó análisis de correlación. Igualmente por correlación se determinó el grado de asociación entre los crecimientos en diámetro y en altura del tallo.

8. Duración del ensayo experimental

El presente experimento tuvo una duración de 176 días, a partir de la fecha de siembra de cada tratamiento.

IV. RESULTADOS

A. Variación de cada carácter independientemente

1. Peso de las semillas - En el cuadro No. 1 están representados los promedios, errores standard y coeficientes de variación calculados del peso húmedo de las semillas de las madres de las diferentes combinaciones obtenidas.

El análisis estadístico presentado en el cuadro No. 2 mostró que hay diferencias altamente significativas en pesos de las semillas entre tratamientos. Las semillas del clon UF 221 fueron significativamente más pesadas que las de los otros cultivares usados como madres. Los cultivares de origen Criollo y Trinitario, como el cacao Criollo, los clones UF 613 (H) y R 2 (K) también mostraron diferencias significativas de peso cuando comparados con el cultivar amelonado Matina. El clon UF 613 (C y A) produjo semillas de pesos intermedios entre todos los demás tratamientos.

El grado de variabilidad del peso de las semillas dentro de cada tratamiento está expresado por los respectivos coeficientes de variación y del análisis de éstos se concluye que solamente el coeficiente de variación de las semillas de la variedad Criollo (M) sobrepasó el límite de confianza al 95% de las observaciones, indicando que hubo gran variación en tamaño de las semillas, debido posiblemente a amplias segregaciones genéticas para tamaño.

Los coeficientes de variación calculados para cada tratamiento sugieren que hay mayor variabilidad en los cultivares Trinitarios y Criollo, indicando la existencia de segregaciones genéticas para tamaño de semillas en cada cultivar.

2. Altura del hipocotilo - El crecimiento de altura del hipocotilo generalmente alcanzó su máximo desarrollo a los treinta días después de la siembra. Esta conclusión se basa en el hecho de que en ninguno de los doce tratamientos estudiados se observó cambios apreciables en la longitud del hipocotilo, entre las mediciones iniciales hechas al final del primer mes, y las últimas tomadas al quinto mes.

Los promedios, errores standard y coeficientes de variación, calculados de las alturas en centímetros de los hipocotilos de las diferentes combinaciones estudiadas al primer mes, están representados en el cuadro No. 1.

El análisis estadístico presentado en el cuadro No. 4 mostró que hay diferencias altamente significativas en altura del hipocotilo entre tratamientos. Las combinaciones de igual origen genético no presentaron diferencias significativas comparadas con las combinaciones de diferente origen genético. Las diferencias entre las combinaciones de igual origen genético no alcanzaron niveles de significación, pero entre las combinaciones de diferente origen, las diferencias fueron altamente significativas, debido a los valores de la combinación Matina x IMC 67 (J), únicamente.

La presencia de mayores rangos de variación (de 8,559% a 25,850%), estimados por los coeficientes de variación de las alturas del hipocotilo dentro del grupo de combinaciones de diferente origen genético, indica que, en éste grupo había mayor variabilidad que en el grupo de igual origen genético, particularmente la combinación Criollo x IMC 67 (M), cuyo coeficiente de variación fue significativamente alto. En esta combinación en que interviene el Criollo, la variabilidad presente presumiblemente se deba a un estado heterocigote para éste carácter en la madre.

3. Diámetro del tallo - Las mediciones de los diámetros de los tallos fueron realizadas con intervalos de treinta días, durante los cinco primeros meses después de la siembra.

Se hicieron análisis estadísticos de los datos del primero, tercero y quinto mes, respectivamente. En el cuadro No. 1 se presentan los promedios, errores standard y coeficientes de variación para tratamientos individuales, del primero, tercero y quinto mes.

Los análisis de variancia, presentados en los cuadros Nos. 7, 10 y 13 revelan diferencias altamente significativas en diámetros de los tallos para tratamientos en general en las edades de uno, tres y cinco meses. En los datos del primer mes, no hubo diferencias significativas en la comparación del grupo de igual contra diferente origen, pero fueron altamente significativas en los diámetros del tercero y quinto mes. En las últimas fechas, las combinaciones de origen similar, mostraron diámetros de tallos significativamente superiores a las combinaciones de diferente origen.

La variación dentro de las combinaciones de cada origen mostró que habían diferencias altamente significativas entre ellas en el primer, tercer y quinto mes.

La variabilidad en diámetro del tallo entre grupos y dentro de los grupos fue progresivamente mayor conforme aumentó la edad de las plantas; esto se deduce de los crecientes valores de F y del aumento de los porcentajes de los coeficientes de variación en todas las combinaciones (cuadro No. 1), conforme avanza la edad. Otra tendencia general de estas constantes estadísticas, es que hubo mucho más variabilidad entre las combinaciones de diferente origen que entre las del mismo origen.

Las pruebas de Duncan, de los datos de uno, tres y cinco meses, presentadas en los cuadros 8, 11 y 14, indican que la variación en diámetro, considerando los tratamientos indistintamente de orígenes, es muy grande de un período a otro, y que las comparaciones individuales entre tratamientos de diferentes orígenes guardan órdenes de muy variadas magnitudes.

Altura del tallo. Las mediciones de las alturas de los tallos fueron hechas en centímetros, cada treinta días, durante los primeros cinco meses de vida de las plantitas.

En el cuadro No. 1 se presentan los promedios, errores standard y coeficientes de variación de este carácter, calculados en las edades de uno, tres y cinco meses para cada una de las doce combinaciones estudiadas.

Los análisis de variancia de las alturas en las edades de uno, tres y cinco meses, se presentan en los cuadros 16, 19 y 22, y sus valores indican que, en las tres edades hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos. En el primer mes no hubo diferencias significativas entre el grupo de igual origen comparado contra el de diferente origen, pero al tercer mes las plantas del grupo de diferente origen tuvieron alturas significativamente menores que las de origen similar. Al quinto mes los resultados se invertieron, pues las alturas de las combinaciones de diferente origen fueron mayores que las de igual origen.

Las diferencias en altura del tallo en el primer mes dentro del grupo de combinaciones del mismo origen fueron significativamente diferentes, y no así dentro del grupo de diferente origen. En los análisis del tercer y quinto mes, se encontraron diferencias altamente significativas dentro de los dos grupos. La variabilidad dentro de los grupos aumentó conforme avanzó la edad de las plantas y fue también mayor entre las progenies de diferente origen, como se puede deducir de los coeficientes de variabilidad más altos de éstos, comparados con los de las combinaciones del mismo origen.

Las pruebas de Duncan, presentadas en los cuadros 17, 20 y 23, indican las posiciones de significación relativa entre las diferentes combinaciones, independientemente del grupo a que pertenecen, y se puede observar que muchas combinaciones individuales de un grupo no difieren estadísticamente de otras de otro grupo.

5. Proporción neta de asimilación y proporción relativa de crecimiento - En los cuadros 25 y 26 están representados los valores promedios por observación y los promedios generales de las proporciones netas de asimilación y de los proporciones relativas de crecimiento, calculados independientemente para cada tratamiento, en el período de 155 a 176 días de edad de las plantitas.

Los análisis de variación presentados en los cuadros 27 y 28 revelan que no hubo diferencias significativas en ninguna de las fuentes de variación estudiadas, tanto para proporción neta de asimilación como para proporción relativa de crecimiento. No obstante, se puede observar que en ambos tipos de mediciones, los mayores valores promedios y la más alta variabilidad entre tratamientos, están situados en el grupo de combinaciones de diferente origen genético. Los valores promedios de proporción neta de asimilación, distribuidos en un rango de 0,089 a 0,134 entre las combinaciones de diferente origen genético, comparados con el rango de 0,078 a 0,109 obtenido de las combinaciones de igual origen, aclaran la magnitud de las diferencias y variaciones que se observaron en esta medida.

B. Correlaciones entre los diferentes caracteres

El estudio de las correlaciones o asociaciones de variación entre los diferentes caracteres, se hizo mediante el uso de correlaciones de los datos individuales de cada planta y de los datos promedios de cada combinación. En esta forma se estimaron:

- a - Los coeficientes de correlación y porcentajes de asociación en base a los datos individuales entre dos caracteres a las edades de uno y cinco meses;
- b - Los coeficientes de correlación entre los promedios de los caracteres de cada combinación a las edades de uno, tres y cinco meses;
- c - El análisis de covariancia del peso de la semilla sobre: altura del hipocotilo, diámetro del tallo y altura total; y del diámetro del tallo sobre la altura total de las plantas, a las edades de uno, tres y cinco meses, respectivamente.

1. Correlaciones entre peso de la semilla y altura del hipocotilo -

Los coeficientes de correlación y porcentajes de asociación entre los pesos individuales de las semillas y las alturas del hipocotilo, calculados para cada tratamiento, están presentados en el cuadro 29. De los doce tratamientos estudiados, solamente las combinaciones Matina x R 2 (G) con correlación negativa, Matina x IMC (J) y Criollo x IMC 67 (M) alcanzaron niveles de significación en las correlaciones entre éstos dos caracteres. Así mismo se puede observar que, los porcentajes de asociación son muy bajos, pues solamente alcanzaron valores iguales a 3,63, 16,45 y 15,16 respectivamente.

En el cuadro 30 están presentados el coeficiente de correlación y el porcentaje de asociación entre peso de las semillas y altura de los hipocotilos, calculados entre los promedios de cada combinación. Dichos valores indican que, el coeficiente de correlación no alcanzó nivel de significación entre éstos dos caracteres.

El análisis de covariancia del peso de las semillas sobre la altura del hipocotilo, presentado en el cuadro 6 sugiere tendencias similares

que las presentadas por el análisis de variancia de la altura del hipocotilo, lo cual indica que no hubo influencia del peso de la semilla en la altura del hipocotilo, con excepción de los cruzamientos Matina x IMC 67 (J) y de Criollo x IMC 67 (M).

2. Correlaciones entre peso de la semilla y diámetro del tallo -

Los coeficientes de correlación y porcentajes de asociación entre pesos individuales de las semillas y diámetros de los tallos al primer y quinto mes, fueron calculados para cada tratamiento, y sus valores están presentados en el cuadro 29. Dichos valores sugieren que, a pesar de que los coeficientes de correlación hayan alcanzado niveles de significación en casi todas las combinaciones, el grado de asociación entre éstos dos caracteres es bajo cuando se considera en términos de porcentaje, pues, solamente las combinaciones Matina x UF 221 (D) al primer mes y R 2 x Criollo (K) con correlación negativa, al quinto mes, sobrepasaron el grado de 36% de asociación. También se puede observar en el mismo cuadro, que de las doce combinaciones, seis tuvieron al quinto mes coeficientes de correlación más bajos que al primer mes, ocurriendo lo contrario con las seis combinaciones restantes.

En el cuadro 30 están presentados los coeficientes de correlación y porcentajes de asociación entre pesos de las semillas y diámetros de los tallos, calculados de los respectivos promedios por parcela, en las edades de uno, tres y cinco meses. Conforme se puede juzgar, el grado de asociación es muy bajo cuando se considera en términos de porcentaje, guardando tendencias similares a las correlaciones basadas en los datos individuales, y aunque haya aumentado ligeramente del primer al tercer mes, bajó fuertemente en el quinto mes, a tal punto que a ésta edad de las plantitas el coeficiente de correlación no volvió a alcanzar nivel de significación.

Los análisis de covariancia del peso de las semillas sobre los diámetros de los tallos, presentados en los cuadros 9, 12 y 15 sugieren que hubo influencia del peso de las semillas sobre los diámetros de los tallos en las tres edades estudiadas de las plantitas. No obstante, cuando se comparan entre sí los respectivos valores de F obtenidos en los análisis de variancia y covariancia, se obtiene que, conforme se observó en los coeficientes de correlación, las asociaciones entre éstos dos caracteres disminuyen con la edad de las plantitas.

3. Correlaciones entre peso de la semilla y altura del tallo - Los coeficientes de correlación y porcentajes de asociación entre pesos individuales de las semillas y alturas de los tallos al primer y quinto mes de edad de las plantitas, fueron calculados para cada tratamiento, y se presentan en el cuadro 29. De dichos valores se puede deducir que, la tendencia de asociación entre estos dos caracteres es similar, aunque en niveles más bajos, a la obtenida entre pesos de las semillas y diámetros de los tallos. Los niveles de significación alcanzados por los coeficientes de correlación de la mayoría de las combinaciones en las dos edades estudiadas, no son muy importantes cuando se los considera en términos de porcentaje de asociación, pues solamente la combinación Matina x IMC 67 (J) al quinto mes, sobrepasó al 36% de asociación.

Los coeficientes de correlación y porcentajes de asociación entre pesos promedios de las semillas y alturas de los tallos, en las edades de uno, tres y cinco meses, están presentados en el cuadro 30. Conforme se puede observar, dichos valores guardan tendencias similares a las correlaciones en base a los datos individuales, pues disminuyen fuertemente con el aumento de edad de las plantitas.

Los análisis de covariancia del peso de las semillas sobre las alturas de los tallos, presentados en los cuadros 18, 21 y 24 indican que

hubo relativamente poca influencia del peso de las semillas sobre el crecimiento en altura del tallo, y que ésta influencia fue menor a los cinco meses de edad de las plantitas.

4. Correlaciones entre diámetro y altura del tallo - En el cuadro 29 están presentados los coeficientes de correlación y porcentajes de asociación calculados entre diámetros y alturas individuales de los tallos de las plantitas de cada combinación, a las edades de uno y cinco meses. Los niveles de significación alcanzados por dichos coeficientes de correlación en casi todos los tratamientos, son de poca importancia cuando se consideran en términos de porcentaje, pues solamente las combinaciones UF 613 x R 2 (H) al primer mes, Matina autofecundado (F) y Criollo x IMC 67 (M) al quinto mes, sobrepasaron al 36% de asociación. También se puede observar que en ocho de los doce tratamientos, el grado de asociación entre éstos dos caracteres aumentó del primer al quinto mes, pero el aumento del grado de asociación con el progreso de la edad de las plantitas se evidencia mejor con los valores del cuadro 30, donde están presentados los coeficientes de correlación y porcentajes de asociación en base a los promedios de los tratamientos. En este cuadro se observa que, a pesar de que el coeficiente de correlación entre diámetro y altura del tallo al primer mes no alcanzó valor significativo, al tercer y quinto mes las correlaciones fueron altamente significativas y progresivamente mayores.

Los análisis de covarianza de la influencia del diámetro sobre la altura del tallo, calculados para las edades de uno, tres y cinco meses de las plantitas, están presentados en los cuadros 31, 32 y 33. Los respectivos valores de F comparados con los de variancia en los cuadros 7, 10 y 13, corroboran los resultados obtenidos en los cuadros 29 y 30, donde los

respectivos coeficientes de correlación y porcentajes de asociación, muestran una tendencia de asociación entre diámetro del tallo y altura de las plantitas.

V. DISCUSION

Los métodos usuales de selección de plantas son basados en la observación comparativa de determinados caracteres fenotípicos de los individuos de la población estudiada. Este criterio se fundamenta en el hecho de que, siendo el fenotipo de una planta el resultado de la interacción entre su genotipo y el medio ambiente, las diferencias encontradas entre individuos crecidos en idénticas condiciones ambientales, son debidas a sus respectivas constituciones genéticas.

Si la selección se va a hacer en base al vigor de las plantas, la mejor forma de medir una combinación híbrida sería compararla con los padres ó con endocrías de éstos, pero, tratándose de seleccionar plantas jóvenes se presentan otros problemas, como por ejemplo el carácter ó los caracteres en que se manifestaría el vigor y a qué edad sería más fácil de ser estimado.

En el presente trabajo las plantitas crecieron en condiciones de suelo y de clima lo más uniforme posible, pero no fue posible obtener progenies autofecundadas de todos los cultivares estudiados, ni de todas las combinaciones posibles entre los seis cultivares, debido a presencia de autoincompatibilidades y pérdidas inevitables de mazorcas. Tampoco fue posible hacer comparaciones con los padres, porque los clones no reproducirían progenies similares a si mismos por polinización abierta. Por esta razón se usó, como criterio para determinación de vigor, comparaciones entre progenies de los diferentes cruzamientos y las autofecundaciones que fue posible obtener de algunos de los cultivares. Las comparaciones generales se hicieron tomando en cuenta los dos grupos de parentescos considerados: uno de combinaciones de igual origen genético y otro de combinaciones de diferente origen genético.

Es grande el número de caracteres de una planta en que puede manifestarse el vigor, pero por falta de disponibilidad de tiempo y de suficiente número de plantas, en éste trabajo se estudiaron únicamente los pesos de las semillas, alturas de los hipocotilos, diámetros y alturas de los tallos, proporción neta de asimilación y proporción relativa de crecimiento.

A. Variación de cada carácter independientemente

1. Tamaño de semilla - Las diferencias obtenidas entre los pesos de las semillas de los diferentes tratamientos, no pueden atribuirse a efectos de los cruzamiento, pués, el tamaño de la semilla está directamente gobernado por el genotipo de la planta madre, cualquiera que sea la combinación genética en que intervenga. Sin embargo, bajos porcentajes de polinización y de fecundación, y la acción de diferentes agentes externos, muchas veces causan diferencias en pesos de las semillas de frutos de una misma planta madre (15), lo cual explicaría las diferencias obtenidas para el tamaño de las semillas del clon UF 613 en tres diferentes combinaciones (A, C y H). En el presente trabajo, los cultivares de origen Criollo y Trinitario, como la variedad Criollo y los clones UF 221, UF 613 y R 2, fueron los que produjeron semillas significativamente más pesadas, comparadas con las del cultivar Matina.

Considerándose que el coeficiente de variabilidad de los pesos de las semillas en cada tratamiento representaría el grado de heterocigosidad de la planta madre para éste carácter, se deduce que el cultivar Matina es el que más baja heterocigosidad presenta para peso de semilla, siguiendo en orden progresivo los cultivares R 2, UF 613, UF 221 y Criollo, mostrando ser éste último altamente heterocigote para dicho carácter.

2. Altura del hipocotilo - El grupo de origen similar presentó menor variabilidad para altura del hipocotilo que el grupo de diferente origen. Los tratamientos en que el cultivar Matina entró como uno de los padres, fueron los que presentaron menor grado de variabilidad para altura del hipocotilo, y esta se tornó mayormente clara en las combinaciones de igual origen genético, principalmente en su autofecundación. Dichos resultados indican que, el cultivar Matina presenta baja heterocigosidad para éste carácter. No hubo diferencia significativa en comparación entre los dos grupos, pero la combinación Matina x IMC 67 (J) manifestó vigor significativamente superior en altura del hipocotilo que todos los demás tratamientos.

3. Diámetro del tallo - El diámetro del tallo en general presentó gran variabilidad, pero en el período estudiado de cinco meses no se encontró diferencia en éste carácter en ninguna de las combinaciones de diferente origen genético, lo cual está de acuerdo con los resultados obtenidos en cacao por Ascenso (2). Las progenies en que el cultivar Matina entró como uno de los padres fueron las que presentaron menor grado de variabilidad en diámetro del tallo, y ésto fue particularmente evidente en las combinaciones consanguíneas.

4. Altura del tallo - Este fue el carácter que mostró mayor variabilidad en todas las edades estudiadas; sin embargo, la manifestación de heterosis solamente se tornó notória en las observaciones del quinto mes, cuando tres de las combinaciones de diferente origen genético, Matina x Criollo (E), UF 613 x R 2 (H) y Matina x UF 221 (D), sobrepasaron significativamente en altura del tallo a todos los demás tratamientos. La combinación Matina x UF 221 (D), a su vez, mostró ser significativamente superior a las autofecundaciones de sus respectivos padres. Resultados

idénticos obtuvo Ascenso (2), en estudios comparativos entre dos autofecundaciones y sus respectivos cruzamientos recíprocos, concluyendo que la heterosis se manifestó en altura del tallo, en la decimocuarta semana de edad de las plantitas de cacao.

Es posible que en el proceso de desarrollo de las plantas (ontogénia), las células y los tejidos que gobiernan el crecimiento en altura se multipliquen más rápidamente que los que controlan el crecimiento en diámetro, y que éste sea posterior para diámetro. Sería muy interesante estudiar éstas relaciones en edades más avanzadas de las plantas, con el fin de decidir sobre el carácter más recomendable como medida de heterosis.

El diámetro es un carácter más fácil de medir que la altura en plantas que crecen en el campo, y sería preferible usarlo como carácter para estimación de vigor, como ya lo han hecho algunos investigadores en cacao como Glendinning (7).

5. Proporción neta de asimilación y proporción relativa de crecimiento - Estas dos medidas no mostraron diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, si se examina los valores promedios de las diferentes combinaciones, éstos indican que son grandes las diferencias que presentan entre si. Se obtuvo la más alta variabilidad y mayor ganancia de asimilación en las combinaciones de diferente origen genético. En las medidas de proporción neta de asimilación, los tratamientos que mostraron mejor asimilación son los siguientes en orden creciente: Matina x UF 221 (D), Matina x Criollo (E), Matina UF 613 (B) y UF 613 x R 2 (H); y en las medidas de proporción relativa de crecimiento, los mejores cruces fueron, en igual orden: Matina x Criollo (E), Matina x UF 221 (D), Matina x UF 613 (B) y UF 613 x R 2 (H). También se puede constatar que la combinación Matina x UF 221 (D) fue superior en ambos casos a cualquiera de sus

padres autofecundados. Dichos valores corroboran, en gran parte, los obtenidos para heterosis expresada en altura del tallo. La falta de significación en las diferencias entre tratamientos, podría deberse a la gran variabilidad entre parcelas de una misma combinación, debido a la elevada heterogeneidad de las plantas estudiadas, y al número pequeño de plantas usadas para las determinaciones. Sería necesario trabajar con un mayor número de plantas y de repeticiones para eliminar los errores debidos a heterogeneidad de la muestra.

La endocria en plantas alógamas generalmente conduce a separar genotipos, aumenta la homocigosidad y lleva a pérdida de vigor, pero la intensidad de la ocurrencia de tales manifestaciones depende del grado de heterocigosidad de los padres. En todos los caracteres y edades estudiados en el presente trabajo, se observó, através de los coeficientes de variación y de los errores standard calculados para cada tratamiento, que las endocrias presentan menor variabilidad que las combinaciones de diferente origen genético, lo que hace suponer que los padres en que se obtuvo endocrias presentan relativamente baja heterocigosidad. Este hecho es más evidente sobretodo en el cultivar Matina, que mostró baja heterocigosidad para todos los caracteres estudiados. Los demás cultivares UF 613, R 2, IMC 67, UF 221 y Criollo, en su orden, mostraron ser menos homocigotes para los caracteres que se estudiaron. Ascenso (2), trabajando también con cacao, obtuvo resultados diferentes, encontrando mayor variabilidad en las endocrias que en los híbridos, quizás por haber usado material genético más heterogéneo.

B. Correlación de caracteres

En el presente trabajo se prefirió usar como medida de asociación entre los diferentes caracteres, los porcentajes de asociación calculados,

en vez de los coeficientes de correlación absolutos, porque algunos coeficientes de correlación muy bajos alcanzaron niveles de significación altos, debido al número muy grande de grados de libertad con que se trabajó.

1. Peso de semilla y altura del hipocotilo - A pesar de que dos de las combinaciones hayan alcanzado coeficientes de correlación significativos, los porcentajes de asociación indican que estos dos caracteres no están correlacionados.

2. Peso de semilla y diámetro del tallo - Las correlaciones entre éstos dos caracteres, en términos de porcentajes, no alcanzaron valores muy elevados. El grado de asociación disminuyó con el aumento de edad de las plantitas, aunque en el primer período de tres meses haya aumentado. Dichos resultados hacen suponer, que la falta de manifestación de heterosis en éste carácter en el período de cinco meses estudiado, se deba a la influencia relativa del peso de la semilla sobre el crecimiento en diámetro del tallo en los primeros meses. Esta suposición tiene apoyo en el hecho de que las semillas de las endocrías fueron relativamente más pesadas. Es posible que se manifestase heterosis en el diámetro del tallo si el período de observación se hubiera extendido por algún tiempo más, una vez desaparecida la influencia inicial del peso de la semilla. Influencia del peso de la semilla sobre el crecimiento de plantas en su primer período de vida, fue igualmente encontrada por Schrock y Stern (18), Passmore (3), Ascenso (2), Whaley (29) y otros, trabajando con diferentes cultivos.

3. Peso de semilla y altura del tallo - Aunque las correlaciones entre pesos individuales de las semillas y alturas de los tallos de los tratamientos en las edades de uno y cinco meses fueron altamente

significativos para la mayoría de las combinaciones, el grado de asociación en términos de porcentajes fue bajo y solamente en un tratamiento sobrepasó al 36% de asociación. Además, se puede observar que los coeficientes de correlación calculados para pesos individuales de las semillas y alturas de los tallos fueron más bajos que los obtenidos de correlación entre pesos de las semillas y diámetros de los tallos, razón talvez per la cual la heterosis en altura se manifestó primero que en diámetro del tallo. Esta suposición tiene su apoyo en el hecho de que, el grado de asociación entre peso de semilla y diámetro del tallo aumentó entre el primer y tercer mes, para disminuir del tercer al quinto mes, mientras que la asociación entre peso de semilla y altura del tallo bajó bruscamente en el primer período de observación y continuó decreciendo en el segundo. Igualmente refuerza esta conclusión el hecho de que, el grado de asociación entre diámetro y altura del tallo aumentó conforme avanzó la edad de las plantitas. Ascenso (2) encontró también en cacao, fuerte correlación entre diámetro del tallo y crecimiento en altura. Glendinning (7) sugirió que en cacao, el crecimiento en diámetro del tallo antes de la edad productiva de las plantas está correlacionado con la productividad de las plantas adultas. Este hecho no tiene apoyo en los resultados de este trabajo, pero es posible que con observaciones a edades más adelantadas aparezca clara esta correlación, cuya tendencia ya es aparente en el quinto mes.

La correlación con base a los valores promedios de los tratamientos no es una medida suficientemente precisa, cuando se pretende determinar con la debida exactitud el grado de asociación entre dos caracteres, por cuanto el promedio tiene tendencia a convertir en homogénea la muestra.

Ascenso (2) correlacionando pesos promedios de semillas con diferentes caracteres de las plantitas de cacao, halló grados de asociación relativamente altos, lo cual talv́ez no hubiera ocurrido si hubiera usado para sus cálculos de correlación valores individuales. En el presente trabajo los coeficientes de correlación calculados con base a los promedios, al igual que los obtenidos por Ascenso (2), fueron relativamente altos comparados con correlaciones para datos individuales. No obstante, comparaciones entre los dos tipos de correlaciones calculados para una misma asociación de caracteres a diferentes fechas, indican que hay una cierta concordancia de tendencias, aunque en diferentes niveles. Las correlaciones con base a los promedios, por lo tanto, pueden indicar la tendencia, mientras que correlaciones con base a los datos individuales muestran con mayor precisión, el grado de asociación entre dos caracteres.

VI. RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. Se hizo un estudio comparativo entre diferentes combinaciones de plantas de cacao, consideradas de igual y de diferente origen genético, con el fin de determinar si el origen de los padres influye en la expresión de vigor híbrido en las plantitas, en cuál o cuáles caracteres se manifestaría el vigor híbrido, a que edad y cual era el grado de correlación entre los diferentes caracteres estudiados.

2. Los caracteres estudiados fueron pesos de las semillas, alturas del hipocotilo y del tallo, diámetros del tallo, proporción neta de asimilación y proporción relativa de crecimiento, los primeros a las edades de uno, tres y cinco meses, y los dos últimos de los 155 a 176 días de edad de las plantitas.

3. La variabilidad de cada carácter se estudió mediante análisis de variancia, y la asociación entre diferentes caracteres fue estimada por correlación de los datos individuales y promedios.

4. El tamaño de la semilla es un carácter de la planta madre del híbrido, y presentó diferencias grandes a favor de los cultivares Criollo y Trinitarios.

5. El origen de los padres influyó en la expresión de mayor vigor en altura, diámetro de las plantas, proporción neta de asimilación y proporción relativa de crecimiento, en las plantas de la mayoría de las combinaciones híbridas de origen genético diferente, comparadas con las combinaciones del mismo origen.

a) No se observó manifestaciones de heterosis en la altura del hipocotilo, que es un carácter componente de la altura total de la planta, y que parece ser muy estable.

b) Al primer mes de edad, no hubo diferencias de crecimiento de diámetro del tallo en las comparaciones de los dos grupos de plantas. Desde el tercero al quinto mes aparecieron diferencias en diámetro entre los dos grupos, a favor del de origen similar. Esto parece deberse a cierta influencia inicial del peso de las semillas sobre el diámetro del tallo durante la primera edad de las plantitas, como lo indican los coeficientes de correlación y los porcentajes de asociación entre éstos dos caracteres.

c) La altura de las plantitas fue el carácter en que se observó diferencias más claras en vigor a los tres meses, y éstas fueron ya muy evidentes al quinto mes, en favor de las combinaciones de diferente origen genético. Este carácter sería más recomendable usarlo como medida de vigor en plantitas a partir de los cinco meses de edad.

El tamaño de las semillas parece no influir en el crecimiento en altura de las plantitas, pues, los coeficientes de correlación y los porcentajes de asociación disminuyeron progresivamente en la primera edad. Ya a los tres meses la influencia fue mínima y al quinto mes casi ninguna. En cambio, las asociaciones de crecimiento en altura del tallo y su diámetro, estimadas por los coeficientes de correlación y porcentajes de asociación, tuvieron tendencias opuestas, o sea, aumentaron progresivamente con la edad, siendo más altas a los cinco meses.

d) Las medidas de proporción neta de asimilación y de proporción relativa de crecimiento, aunque no mostraron diferencias estadísticas debido al reducido tamaño de muestra, indican que cualquiera de ellas serviría para estimar vigor híbrido. Los valores promedios de las dos medidas en las combinaciones híbridas de diferente origen genético, fueron muy superiores a los promedios de las combinaciones de igual origen.

Valdría la pena realizar una investigación más completa para determi
nar el valor de estas medidas fisiológicas, que de ser comprobadas serían
de gran ayuda en trabajos de selección.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

1. A comparative study between different hybrid combinations of cacao cultivars considered as of the same or different genetics origin was made in order to determine the influence of the origin of the parents in the expression of hybrid vigor of the seedlings, the character or characters in which the hybrid vigor would manifest itself, in which stage, and the degree of correlation between the different characters studied.

2. The characters studied were weight of seeds, height of hypocotyl, height and diameter of stem at one, three and five months, and net assimilation rate and relative growth rate at 155 to 176 days.

3. The variability of each character was studied by means of analysis of variance, and the association between single tree data and between mean combination data by correlation coefficients.

4. The size of the seed is a maternal character, and it showed high statistical differences favorable to Criollo and Trinitario varieties.

5. The origin of the parents influenced the vigor expression of height, diameters of stem, net assimilation rate and relative growth rate in plants of hybrid combinations from different genetic origin, when compared with those combinations of the same origin.

a) There was no manifestations of the heterosis in the height of hypocotyl, which is a component character of the height of the plant, and which seems to be very stable.

b) No differences of stem diameter between groups was found at the age of one month. Differences in favor of the group of similar origin were found at the age from three to five months. This seems to be due to some influence of the inicial weight of the seeds on the stem diameter during the first stage of the seedlings, as shown by correlation coefficients and percentages association of the two characters.

c) Differences in vigor as manifested in stem height of the young plants was apparent at three months and was more pronounced at five months, vigor being greater in the combinations of different genetic origin. It seems more advisable to recommend this character as a measure of vigor in cacao seedlings after five months.

Seed size seems to have no influence in the height of the seedlings, for the correlation coefficients and the percentage association decreased progressively during the first stage. At three months the influence was already minimum, and at five months was almost negligible. On the other hand, in the measure of the association of height and diameter, as estimated by correlation coefficients and percentage associations, there were opposite tendencies, i.e., there was an increase with age, the maximum occurring at five months.

d) Although there were no statistical differences due to reduced size of sample, the measures of net assimilation rate and the relative growth rate indicated that either of them would serve to estimate hybrid vigor. The mean values of the two measures in the hybrid combination from different genetic origins were higher than the mean values of combinations from the same origin. It should be interesting to carry out more complete investigations to determine the value of these physiological constants, which could be of great help for selection work, if these results are confirmed.

LITERATURA CITADA

1. ALVIM, PAULO DE T. Fisiología del crecimiento y de la floración del cafeto. *Café (Costa Rica)* 2(6):57-64. 1960.
2. ASCENSO, J. C. The inheritance of, and relationships among, growth characters of young cacao seedlings. Unpublished paper. St. Augustine, Trinidad, Imperial College of Tropical Agriculture, 1960. 62 p.
3. ASHBY, E. Studies in the inheritance of physiological characters. III. Hybrid vigour in the tomato. Part 1. Manifestations of hybrid vigour from germination to the onset of flowering. *Annals of Botany N.S.* 1(1):11-41. 1937.
4. BRIDGLAND, L. A. Cacao improvement programme, Keverat. The Papua and New Guinea Agricultural Journal 12(4):149-167. 1960.
5. CARPENTER, I. W. and GUARD, A. T. Some effects of cross-pollination on seed production and hybrid vigor of tuliptree. *Journal of Forestry* 48(12):852-855. 1950.
6. COWAN, J. R. The value of double cross hybrids involving inbreds of similar and diverse genetic origin. *Scientific Agriculture* 23(5):287-296. 1943.
7. GLENDINNING, D. R. The relationship between growth and yield in cocoa varieties. *Euphytica* 9(3):351-355. 1960.
8. HATCHER, E. S. J. Studies in the inheritance of physiological characters. V. Hybrid vigour in the tomato. Pr. III. A critical examination of the relation of embryo development to the manifestation of hybrid vigour. *Annals of Botany - N. S.* 4(16):735-764. 1940.
9. HAYES, H. K. Development of the heterosis concept. In Gewen, John W., ed. *Heterosis*. Ames, Iowa State College Press, 1952. pp. 49-65.
10. _____ and JOHNSON, I. J. The breeding of improved selfed lines of corn. *American Society of Agronomy. Journal* 31(8):710-724. 1939.
11. JOHNSON, I. J. and HAYES, H. K. The value in hybrid combinations of inbred lines of corn selected from single crosses by the pedigree method of breeding. *American Society of Agronomy. Journal* 32(7):479-485. 1940.
12. JUGENHEIMER, R. W. Obtención de maíz híbrido y producción de semilla. *FAO - Cuadernos de Fomento Agropecuario no. 62.* 1959. 63 p.

13. LUCKWILL, L. C. Studies in the inheritance of physiological characters. IV. Hybrid vigour in the tomato. Part 2. Manifestations of hybrid vigour during the flowering period. *Annals of Botany - N. S.* 1(3):379-408. 1937.
14. MOLL, R. H., SALHUANA, W. S. and ROBINSON, H. F. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *Crop Science* 2(3): 197-198. 1962.
15. POUND, F. J. The genetic constitution of the cacao crop. In Imperial College of Tropical Agriculture. First annual report on cacao research, 1931. Port-of-Spain, Trinidad, Government Printing Office, 1932. pp. 10-24.
16. _____ A note on a method of controlled polination of cacao. In Imperial College of Tropical Agriculture. Fourth annual report on cacao research, 1934. Port-of-Spain, Trinidad, Government Printing Office, 1935. pp. 15-16.
17. RUSSEL, T. A. The vigour of some cacao hybrids. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 29(4-6):102-106. 1952.
18. SCHROCK, O. and STERN, K. Prüfung des Wachstumsganges der Kiefer im Keimlingstest als Auslesemethode. (Examining the course of growth in pines in seedling tests as a method of selection). *Züchter* 23:137-148. 1953. (Original no disponible para consulta, compendiado en *Plant Breeding Abstracts* 23(4):634. 1953).
19. SINNOT, E. W., DUNN, L. C. and DOBZHANSKY, T. Principles of genetics. 5th ed. New York, McGraw-Hill, 1958. pp. 254-269.
20. SHULL, G. H. Beginnings of the heterosis concept. In Gowen, John W., ed. *Heterosis*. Ames, Iowa State College Press, 1952. pp. 14-48.
21. SORIA, V. J. Anotaciones sobre un viaje a las zonas productoras de cacao en México (Marzo 6-18, 1961) Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1961. 18 p. (Informe no. 44-E).
22. _____ Comunicación personal. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1962.
23. SPRAGUE, G. F. Hybrid vigor and growth rates in a maize cross and its reciprocal. *Journal of Agriculture Research* 53(11):819-830. 1936.
24. VAN DER KNAAP, W. P. Algemene Beschouwingen over de factoren, welke van invloed zijn op de Productiecapaciteit van cacaoclonen. (General considerations on the factors that influence the productive capacity of cacao clones). *Archief voor de Koffiecultuur en Neder land Indie* 17(2):121-140. 1953.

25. VOELCKER, O. J. Growth rate of cross and self-fertilized cacao. Tropical Agriculture (Trinidad) 16(9):203-205. 1939.
26. WEAVER, H. L. A developmental study of maize with particular reference to hybrid vigor. American Journal of Botany 33(7):615-624. 1946.
27. WETTSTEIN, W. von. Increasing performance by crossing trees of different provenance in P. tremula. Naturwissenschaften 25:434-436. 1937. (Original no disponible para consulta, compendiado en Plant Breeding Abstracts 8(5):493. 1938).
28. _____ Forstpflanzliche Züchtungsversuche-besonders mit Populus. (Forestry breeding experiments - especially with Populus). Bot. Notiser 1937:272-284. (Original no disponible para consulta, compendiado en Plant Breeding Abstracts 8(5):654. 1938).
29. WHALEY, W. G. A developmental analysis of heterosis in Lycopersicon. I. The relation of growth rate to heterosis. American Journal of Botany 26(8):609-616. 1939.
30. _____ Physiology of gene action in hybrids. In Gowen, John W., ed. Heterosis. Ames, Iowa State College Press, 1952. pp. 98-113.
31. WU, S. K. The relationship between the origin of selfed lines of corn and their value in hybrid combinations. American Society of Agronomy. Journal 31(2):131-140. 1939.

APENDICE No. 1

Cuadro No. 1 Promedios (\bar{X}), Errores Standard (S_x) y Coeficientes de variación (CV) de las mediciones de varios caracteres de doce diferentes combinaciones de cachos.

Tratamientos	A		F		G		K		L		B		C		D		H		J		M			
	UF 613	UF 221	Matina	Autofe-	Matina	R 2	UF 221	Autofe-	Matina	UF 613	UF 613	Matina	UF 613	Matina	UF 221	Matina	UF 613	Matina	UF 613	Matina	UF 613	Matina	UF 613	
	CV	CV	Matina	cunado	Matina	R 2	Matina	cunado	UF 613	UF 613	UF 221	UF 613	UF 221	UF 613	UF 221	UF 613	UF 221	UF 613	UF 221	UF 613	UF 221	UF 613	UF 221	
Pesos de las semillas (g)	\bar{X} 2,034	S_x 0,0196	2,022	1,936	2,176	2,766	1,764	2,025	1,970	1,867	2,300	1,564	2,319	0,0198	0,0580	24,769								
Altura del hipocotilo (cm)	\bar{X} 5,8	S_x 0,0786	5,8	5,9	6,2	6,3	6,2	5,5	5,9	6,0	5,9	7,0	5,4	0,0904	0,1356	25,850								
Diámetro del tallo al primer mes (mm)	\bar{X} 3,21	S_x 0,0206	3,05	2,95	2,97	3,02	3,13	3,24	3,12	2,97	3,26	2,59	2,88	0,0159	0,0329	11,306								
Diámetro del tallo al tercer mes (mm)	\bar{X} 4,42	S_x 0,0361	4,88	4,41	4,46	4,68	4,38	4,62	4,45	4,29	4,59	4,02	3,95	0,0380	0,0606	15,197								
Diámetro del tallo al quinto mes (mm)	\bar{X} 6,06	S_x 0,0519	7,35	6,94	5,73	5,96	6,35	6,28	4,69	6,13	6,55	5,17	4,90	0,0468	0,0832	16,722								
Altura del tallo al primer mes (cm)	\bar{X} 12,5	S_x 0,1844	12,9	13,6	13,9	15,3	12,7	13,6	14,5	13,3	13,4	13,2	13,3	0,3196	0,3675	27,351								
Altura del tallo al tercer mes (cm)	\bar{X} 17,8	S_x 0,2296	22,0	23,0	17,2	20,9	17,0	19,3	18,6	21,5	23,0	16,7	16,2	0,2219	0,4150	25,357								
Altura del tallo al quinto mes (cm)	\bar{X} 30,80	S_x 0,4771	29,3	33,0	24,7	27,0	30,5	33,0	35,5	37,7	38,7	16,9	23,6	0,2240	0,6168	25,739								

Cuadro No. 2 Análisis de variancia de los pesos en miligramos, de las semillas de 12 tratamientos pertenecientes a 5 cultivares de cacao usados como madres.

Fuente de variación	G. L.	S. C.	C. M.	F
Tratamientos	11	4,1249	0,3750	15.96 ⁺⁺
Error	<u>35</u>	<u>0,8214</u>	0,0235	
Total	46	4,9463		

⁺⁺ Excede al nivel de significación del 1%.

Cuadro No. 3 Prueba de Duncan al nivel del 5% para los pesos promedios de las semillas.

Tratamientos

J	B	E	G	D	F	C	A	K	H	M	L
<u>1,56</u>	<u>1,76</u>	<u>1,87</u>	<u>1,94</u>	<u>1,97</u>	<u>2,02</u>	<u>2,03</u>	<u>2,03</u>	<u>2,18</u>	<u>2,30</u>	<u>2,32</u>	<u>2,77</u>

Nota: Cada dos promedios no subrayados por la misma línea son significativamente diferentes.

Cada dos promedios subrayados por la misma línea no son significativamente diferentes.

Cuadro No. 4 Análisis de variancia de las alturas de los hipocotilos, en centímetros, al primer mes.

Fuente de variación	G. L.	S. C.	C. M.	F
Tratamientos	11	7,6224	0,6929	6,52 ⁺⁺
Igual vs. dif. orig.	1	0,0029	0,0029	0,00
Dentro de igual orig.	4	0,9470	0,2368	2,23
Dentro de dif. orig.	6	6,6725	1,1121	10,47 ⁺⁺
Error	<u>35</u>	<u>3,7167</u>	0,1062	
Total	46	11,3391		

⁺⁺ Excede al nivel de significación del 1%.

Cuadro No. 5 Prueba de Duncan al nivel del 5% para los promedios de las alturas de los hipocotilos al primer mes.

Tratamientos											
M	C	A	F	D	G	H	E	B	K	L	J
5,4	5,5	5,8	5,8	5,9	5,9	5,9	6,0	6,2	6,2	6,3	7,0

Cuadro No. 6 Análisis de covariancia de la influencia del peso de las semillas sobre la altura del hipocotilo.

Fuente de variación	G. L.	S. C. A.	C. M.	F
Tratamientos	11	7,1556	0,6505	6,07 ⁺⁺
Igual vs. dif. origen	1	0,0393	0,0393	0,37
Dentro de igual origen	4	0,3555	0,0889	0,83
Dentro de dif. origen	6	1,8338	0,3056	2,85 ⁺
Error	34	3,6412	0,1071	
Total	45	10,7968		

Cuadro No. 7 Análisis de variancia de los diámetros en milímetros, de los tallos al final del primer mes.

Fuente de variación	G. L.	S. C.	C. M.	F
Tratamientos	11	1,5005	0,1364	25,26 ⁺⁺
Igual vs. dif. origen	1	0,0027	0,0027	0,50
Dentro de igual origen	4	0,1663	0,0416	7,70 ⁺⁺
Dentro de dif. origen	6	1,3315	0,2219	41,09 ⁺⁺
Error	35	0,1905	0,0054	
Total	46	1,6910		

⁺⁺ Excede al nivel de significación del 1%.

Cuadro No. 8 Prueba de Duncan al nivel del 5% para los promedios de los diámetros de los tallos, al final del primer mes.

Tratamientos											
J	M	G	K	E	L	F	D	B	A	C	H
2,59	2,88	2,95	2,97	2,97	3,02	3,05	3,12	3,13	3,21	3,24	3,28

Cuadro No. 9 Análisis de covariancia de la influencia del peso de las semillas sobre el diámetro del tallo al primer mes.

Fuente de variación	G. L.	S. C. A.	C. M.	F
Tratamientos	11	1,3771	0,1252	50,08 ⁺⁺
Igual vs. dif. origen	1	0,0000	0,0000	0,00
Dentro de igual origen	4	0,1645	0,0411	16,44 ⁺⁺
Dentro de dif. origen	6	0,9869	0,1645	65,80 ⁺⁺
Error	34	0,0839	0,0025	
Total	45	1,4610		

Cuadro No. 10 Análisis de variancia de los diámetros, en milímetros, de los tallos, al final del tercer mes.

Fuente de variación	G. L.	S. C.	C. M.	F
Tratamientos	11	3,0080	0,2735	11,69 ⁺⁺
Igual vs. dif. origen	1	0,7004	0,7004	29,93 ⁺⁺
Dentro de igual origen	4	0,6729	0,1682	7,19 ⁺⁺
Dentro de dif. origen	6	1,6347	0,2725	11,65 ⁺⁺
Error	35	0,8186	0,0234	
Total	46	3,8266		

⁺⁺Excede al nivel de significación del 1%.

Cuadro No. 11 Prueba de Duncan al nivel del 5% para los promedios de los diámetros de los tallos, al final del tercer mes.

Tratamientos

M	J	E	B	G	A	D	K	H	C	L	F
3,95	4,02	4,29	4,38	4,41	4,42	4,45	4,46	4,59	4,62	4,68	4,88

Cuadro No. 12 Análisis de covariancia de la influencia del peso de las semillas sobre el diámetro del tallo al tercer mes.

Fuente de variación	G. L.	S. C. A.	C. M.	F
Tratamientos	11	2,7186	0,2471	21,87 ⁺⁺
Igual vs. dif. origen	1	0,0001	0,0001	0,00
Dentro de igual origen	4	0,6167	0,1542	13,65 ⁺⁺
Dentro de dif. origen	6	1,5588	0,2598	22,99 ⁺⁺
Error	34	0,3847	0,0113	
Total	<u>45</u>	<u>3,1033</u>		

Cuadro No. 13 Análisis de variancia de los diámetros, en milímetros, de los tallos, al final del quinto mes.

Fuente de variación	G. L.	S. C.	C. M.	F
Tratamientos	11	20,1725	1,8339	43,77 ⁺⁺
Igual vs. dif. origen	1	2,5793	2,5793	61,56 ⁺⁺
Dentro de igual origen	4	7,8149	1,9537	46,63 ⁺⁺
Dentro de dif. origen	6	9,7783	1,6297	38,89 ⁺⁺
Error	35	1,4661	0,0419	
Total	<u>46</u>	<u>21,6386</u>		

⁺⁺ Excede al nivel de significación del 1%.

Cuadro No. 14 Prueba de Duncan al nivel del 5% para los promedios de los diámetros de los tallos, al final del quinto mes.

Tratamientos											
D	M	J	K	L	A	E	C	B	H	G	F
4,69	4,90	5,17	5,73	5,96	6,06	6,13	6,28	6,35	6,55	6,94	7,35
_____		_____			_____			_____		_____	

Cuadro No. 15 Análisis de covariancia de la influencia del peso de las semillas sobre el diámetro del tallo al quinto mes.

Fuente de variación	G. L.	S. C. A.	C. M.	F
Tratamientos	11	20,6660	1,8787	65,92 ⁺⁺
Igual vs. dif. origen	1	0,0000	0,0000	00,00
Dentro de igual origen	4	5,6810	1,4203	49,84 ⁺⁺
Dentro de dif. origen	6	9,7404	1,6234	56,96 ⁺⁺
Error	34	0,9702	0,0285	
Total	45	21,6362		

Cuadro No. 16 Análisis de variancia de las alturas, en centímetros, de los tallos, al final del primer mes.

Fuente de variación	G. L.	S. C.	C. M.	F
Tratamientos	11	24,8668	2,2606	2,87 ⁺⁺
Igual vs. dif. origen	1	0,7668	0,7668	0,97
Dentro de igual origen	4	18,1050	4,5263	5,75 ⁺⁺
Dentro de dif. origen	6	5,9950	0,9992	1,27
Error	35	27,5575	0,7874	
Total	46	52,4243		

⁺⁺ Excede al nivel de significación del 1%

Cuadro No. 17 Prueba de Duncan al nivel del 5% para los promedios de las alturas de los tallos, al final del primer mes.

Tratamientos

A	B	F	J	E	M	H	C	G	K	D	L
12,5	12,7	12,9	13,2	13,3	13,3	13,4	13,6	13,6	13,9	14,5	15,3

Cuadro No. 18 Análisis de covariancia de la influencia del peso de las semillas sobre la altura del tallo al primer mes.

Fuente de variación	G. L.	S. C. A.	C. M.	F
Tratamientos	11	15,2082	1,3826	2,03 ⁺⁺
Igual vs. dif. origen	1	0,0001	0,0001	0,00
Dentro de igual origen	4	3,9776	0,9944	1,46
Dentro de dif. origen	6	5,6702	0,9450	1,38
Error	34	23,2092	0,6828	
Total	45	38,4174		

Cuadro No. 19 Análisis de variancia de las alturas, en centímetros, de los tallos, al final del tercer mes.

Fuente de variación	G. L.	S. C.	C. M.	F
Tratamientos	11	285,3945	25,9450	12,17 ⁺⁺
Igual vs. dif. origen	1	19,0811	19,0811	8,95 ⁺⁺
Dentro de igual origen	4	107,5930	26,8983	12,62 ⁺⁺
Dentro de dif. origen	6	158,7204	26,4534	12,41 ⁺⁺
Error	35	74,6017	2,1315	
Total	46	359,9962		

⁺⁺Excede al nivel de significación del 1%.

Cuadro No. 25 Proporción neta de asimilación: valores promedios por observación de las doce combinaciones, a la edad de 155 a 176 días.

Replicaciones	A		F		G		K		L		B		C		D		E		H		J		M		
	UF 613	UF 221	Matina	Autof.	Matina	R 2	UF 221	Autof.	UF 613	Matina	UF 613	Criollo	UF 221	Matina	UF 221	Criollo	Matina	UF 221	Criollo	UF 613	R 2	Matina	UF 613	IMC 67	IMC 67
I	0,059	0,137	0,064	0,127	0,058	0,110	0,081	0,060	0,095	0,112	0,044	(0,069)													
II	0,062	0,085	0,076	0,038	(0,078)	0,099	0,094	0,111	0,151	0,094	0,092	0,079													
III	0,119	0,081	0,092	0,168	0,121	0,107	0,072	0,126	0,140	0,098	(0,107)	0,090													
IV	0,135	0,133	0,080	0,083	(0,123)	0,131	(0,120)	0,237	0,133	(0,139)	0,159	(0,118)													
Totales	0,375	0,436	0,312	0,416	0,380	0,447	0,367	0,534	0,519	0,443	0,402	0,356													
Promedios	0,094	0,109	0,078	0,104	0,095	0,112	0,092	0,134	0,130	0,111	0,101	0,089													

() = Valores estimados.

0.104

53

Cuadro No. 26 Proporción relativa de crecimiento: valores promedios por observación de las doce combinaciones, a la edad de 155 a 176 días.

Replicaciones	A		F		G		K		L		B		C		D		E		H		J		M		
	UF 613	UF 221	Matina	Autof.	Matina	R 2	UF 221	Autof.	UF 613	Matina	UF 613	Criollo	UF 221	Matina	UF 221	Criollo	Matina	UF 221	Criollo	UF 613	R 2	Matina	UF 613	IMC 67	IMC 67
I	0,065	0,090	0,043	0,110	0,051	0,108	0,086	0,057	0,093	0,115	0,035	(0,074)													
II	0,062	0,064	0,056	0,043	0,056	0,102	0,097	0,099	0,132	0,089	0,073	0,078													
III	0,115	0,057	0,066	0,161	0,103	0,103	0,073	0,130	0,150	0,093	(0,094)	0,101													
IV	0,133	0,096	0,060	0,082	0,037	0,135	0,074	0,235	0,154	(0,107)	0,134	(0,110)													
Totales	0,375	0,307	0,225	0,396	0,247	0,448	0,330	0,521	0,519	0,404	0,336	0,363													
Promedios	0,094	0,077	0,056	0,099	0,062	0,112	0,083	0,130	0,137	0,101	0,084	0,091													

() = Valores estimados.

0.094

Cuadro No. 27 Análisis de variancia de la proporción neta de asimilación, de los doce tratamientos, a la edad de 155 días.

Fuente de variación	G. L.	S. C.	C. M.	F
Tratamientos	11	0,0117	0,0011	0,77
Igual vs. dif. origen	1	0,0022	0,0022	1,59
Dentro de igual origen	4	0,0023	0,0006	0,42
Dentro de dif. origen	6	0,0072	0,0012	0,87
Error	36	0,0498	0,0014	
Total	47	0,0615		

Cuadro No. 28 Análisis de variancia de la proporción relativa de crecimiento de los doce tratamientos, a la edad de 155 días.

Fuentes de variación	G. L.	S. C.	C. M.	F
Tratamientos	11	0,0263	0,0024	2,02
Igual vs. dif. origen	1	0,0090	0,0090	0,76
Dentro de igual origen	4	0,0057	0,0014	1,20
Dentro de dif. origen	6	0,0012	0,0002	0,16
Error	36	0,0426	0,0012	
Total	47	0,0689		

Cuadro No. 29 Coeficiente de correlación y porcentaje de asociación para cada combinación, entre pesos individuales de las semillas, diámetros y alturas de los hipocotilos y tallos en diferentes fechas.

Caracteres correlacionales	Tratamientos		A		F		3		K		L		B		C		D		E		H		J		M		
	G. L.	UF 613 UF 221	Matina Autof.	Matina Autof.	R 2 R 2	Matina Autof.	Matina Autof.	R 2 R 2	Matina Autof.	Matina Autof.	UF 613 UF 221	Matina Autof.	UF 613 UF 221	Matina Autof.	UF 613 UF 221	Matina Autof.	UF 613 UF 221	Matina Autof.	UF 613 UF 221	Matina Autof.	UF 613 UF 221	Matina Autof.	UF 613 UF 221	Matina Autof.	UF 613 UF 221	Matina Autof.	UF 613 UF 221
		119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	105
Peso semilla y altura del hipocotilo al primer mes	Coef. correl. % asociación	0,1712 2,93	0,1516 2,50	0,1904 3,63	0,0469 0,22	-0,0484 0,23	0,0071 0,01	0,1082 0,01	0,0513 0,26	0,0458 0,21	-0,0152 0,02	0,4056 16,45	0,3894 15,16														
Peso semilla y diámetro tallo al primer mes	Coef. correl. % asociación	0,4415 19,50	0,5464 23,25	0,4614 21,23	0,1737 3,02	0,3745 15,56	0,4337 23,40	0,5445 29,66	0,8215 67,49	0,1275 1,63	0,4643 21,56	0,4048 16,39	0,4584 21,01														
Peso semilla y diámetro tallo al quinto mes	Coef. correl. % asociación	0,3371 11,36	0,2553 6,52	0,2009 4,04	-0,6388 40,81	0,4489 20,15	0,5514 30,04	0,3711 13,77	0,5634 31,74	0,4052 16,42	0,5249 27,55	0,4221 17,82	0,2869 8,23														
Peso semilla y altura tallo al primer mes	Coef. correl. % asociación	0,2257 5,09	0,1603 2,57	0,1152 1,33	0,2077 4,31	0,1067 1,14	0,2145 4,60	0,2246 5,04	0,4194 17,59	-0,0177 0,03	0,4475 20,03	0,3036 9,22	0,5920 35,05														
Peso semilla y altura tallo al quinto mes	Coef. correl. % asociación	0,1069 1,14	0,1884 5,55	-0,0524 0,27	0,2088 4,36	0,2666 7,11	0,2650 7,02	0,2765 7,65	0,3751 14,07	0,3400 11,56	0,1066 1,14	0,7238 5,39	0,3367 11,34														
Diámetro al primer mes y altura al primer mes	Coef. correl. % asociación	0,2729 7,45	0,3609 13,03	0,0478 0,23	0,0072 0,01	0,1567 2,46	0,2197 4,63	0,1748 3,06	0,4993 24,93	-0,0013 0,00	0,8053 64,85	0,5979 35,75	0,4162 17,32														
Diámetro al quinto mes y altura al quinto mes	Coef. correl. % asociación	0,3984 15,87	0,8132 66,13	0,0822 0,68	0,1934 3,74	0,3279 0,75	0,3244 10,52	0,1831 3,55	0,4904 24,05	0,1783 3,18	0,2727 7,44	0,5256 27,63	0,8064 65,03														

Cuadro No. 31 Análisis de covariancia de la influencia del diámetro del tallo al primer mes sobre la altura total del tallo al primer mes.

Fuente de variación	G. L.	S. C. A.	C. M.	F
Tratamientos	11	27,1990	2,4726	3,34 ⁺⁺
Error	34	25,1680	0,7402	
Total	45	52,3670		

Cuadro No. 32 Análisis de covariancia de la influencia del diámetro del tallo al tercer mes sobre la altura del tallo al tercer mes.

Fuente de variación	G. L.	S. C. A.	C. M.	F
Tratamientos	11	181,9832	16,5439	9,48 ⁺⁺
Error	34	59,3406	1,7453	
Total	45	241,3238		

Cuadro No. 33 Análisis de covariancia de la influencia del diámetro del tallo al quinto mes sobre la altura del tallo al quinto mes.

Fuente de variación	G. L.	S. C. A.	C. M.	F
Tratamiento	11	1.041,1357	94,6487	16,08 ⁺⁺
Error	34	200,1161	5,8858	
Total	45	1.241,2518		

⁺⁺ Excede el nivel de significación del 1%.

APENDICE No. 2

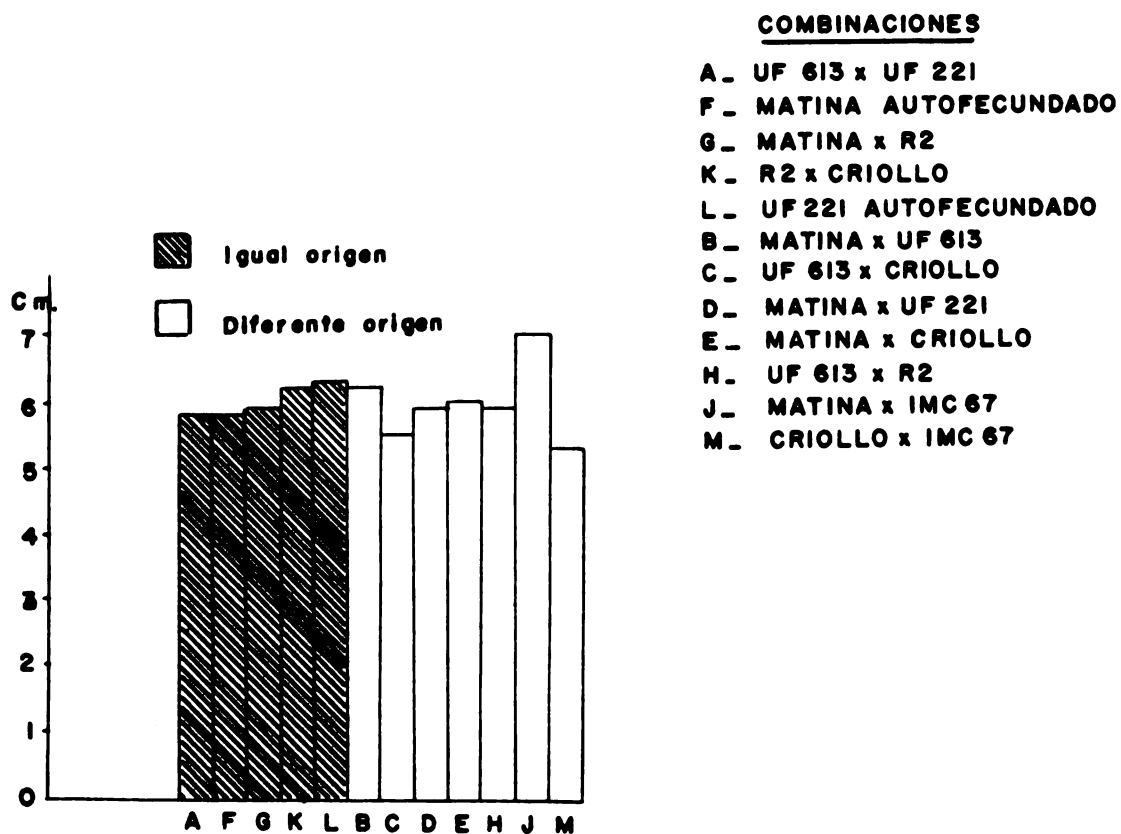


Gráfico No.1 Crecimiento promedio en altura del hipocótilo, de doce combinaciones de cacao, al primer mes de edad.

Cuadro No. 30 Coeficientes de correlación y porcentajes de asociación con base a los promedios por parcela, entre las doce combinaciones:

Caracteres correlacionados	Coef. Correlación	% asociación
Peso semilla y altura del hipocotilo al primer mes	- 0,2187	4,78
Peso semilla y diámetro del tallo al primer mes	0,3688 ⁺⁺	13,60
Peso semilla y diámetro del tallo al tercer mes	0,4348 ⁺⁺	18,90
Peso semilla y diámetro del tallo al quinto mes	0,0105	0,01
Peso semilla y altura del tallo al primer mes	0,5169 ⁺⁺	26,72
Peso semilla y altura del tallo al tercer mes	0,3024 ⁺	9,14
Peso semilla y altura del tallo al quinto mes	0,1492	2,23
Diámetro al primer mes y altura al primer mes	0,0331	0,11
Diámetro al tercer mes y altura al tercer mes	0,5742 ⁺⁺	32,97
Diámetro al quinto mes y altura al quinto mes	0,6195 ⁺⁺	38,38

Notar G. L. = 46

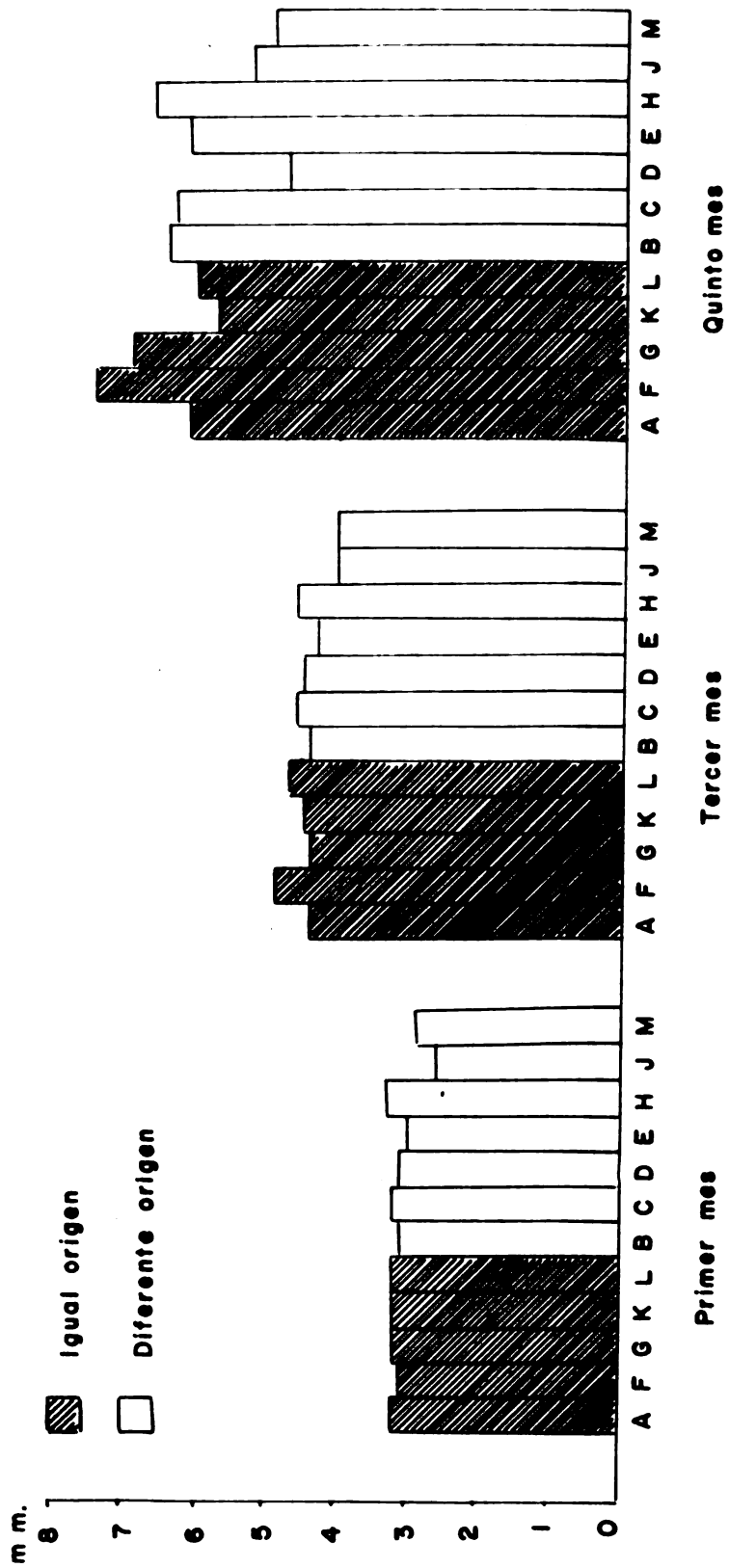


Gráfico No. 2 Crecimiento promedio en diámetro del tallo, de doce combinaciones de cacao, a tres diferentes edades.

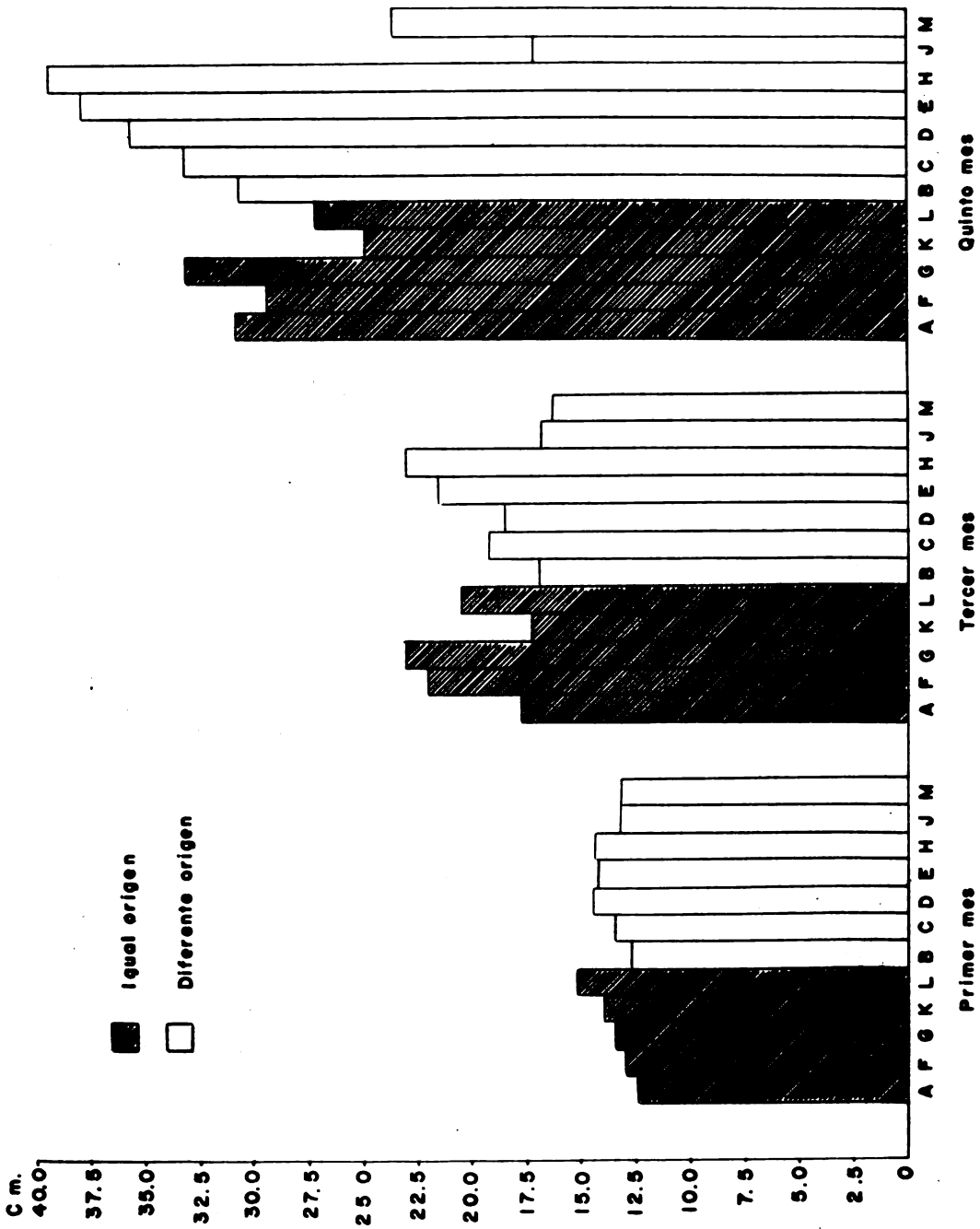


Gráfico No. 3 Crecimiento promedio en altura del tallo, de doce combinaciones de cacao, a tres diferentes edades.

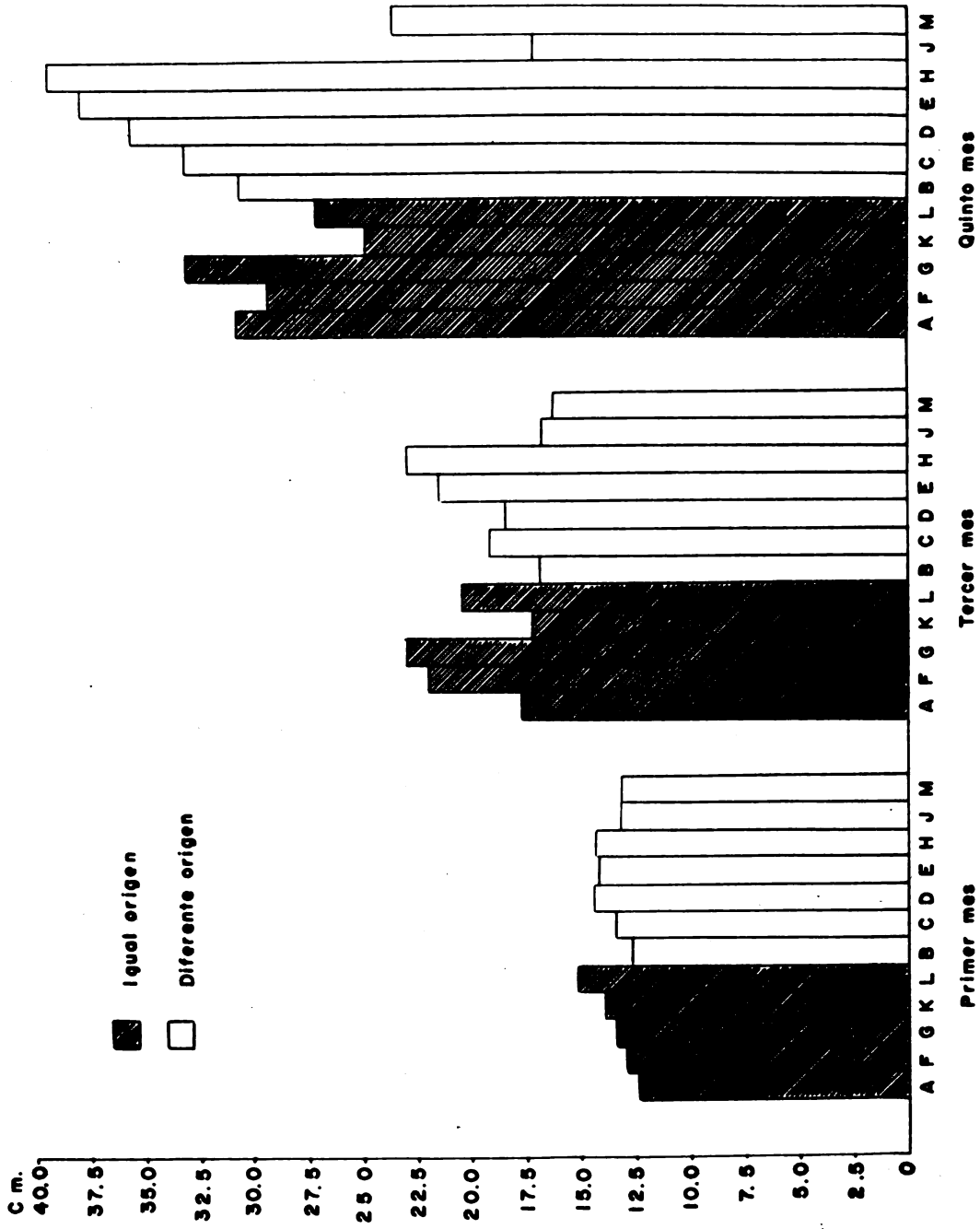


Gráfico No. 3 Crecimiento promedio en altura del tallo, de doce combinaciones de cacao, a tres diferentes edades.