

RELACIONES ENTRE ALGUNAS MEDIDAS DE VIGOR Y PRODUCCION EN CACAO

Tesis

Por

ANTONIO HENRIQUE MARIANO

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Junio, 1966

RELACIONES ENTRE ALGUNAS MEDIDAS DE VIGOR Y PRODUCCION EN CACAO

Tesis

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

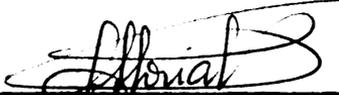
de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:



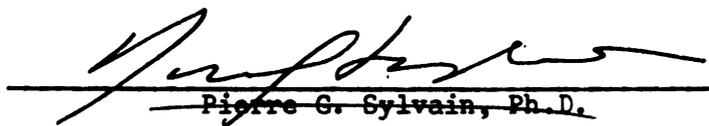
Jorge Soria V., Ph.D.

Consejero



Antonio M. Pinchinat, Ph.D.

Comité



Pierre G. Sylvain, Ph.D.

Comité

David E. W. Holden, Ph.D.

Comité

Junio, 1966

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

Quién realizó este trabajo desea expresar su agradecimiento al Consejero Principal, Dr. Jorge Soria V., por su asesoramiento y dirección. A los miembros del Comité Consejero, Doctores Antonio M. Pinchinat, Pierre G. Sylvain y David Holden.

El autor también expresa su agradecimiento a las siguientes Instituciones, "American Cocoa Research Institute" (ACRI), "Plano de Recuperação Econômico Rural da Lavoura Cacaueira" (PRERLC), "Conselho Nacional de Pesquisas" (CNPq), "Ministério das Relações Exteriores do Brasil", por haberle proporcionado la oportunidad de realizar el presente estudio.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Crato, Estado de Ceará, Brasil, en el año 1935.

Sus estudios universitarios los hizo en la "Escola Nacional de Agronomía" de la "Universidade Rural do Brasil", Rio de Janeiro, graduandose de Ingeniero Agrónomo en 1960.

En el año 1961 fue contratado por la "Comissão Executiva do Plano de Recuperação Econômico Rural da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) y actualmente trabaja en el "Centro de Pesquisas do Cacau" (CEPEC) de esta "Comissão", en Itabuna-Ilheus, Bahia, Brasil.

Realizó sus estudios posgraduados en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica, desde octubre de 1964 a junio de 1966, mediante una beca concedida por "American Cocoa Research Institute" (ACRI).

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	3
MATERIALES Y METODOS	8
El Experimento	8
Las Medidas	8
Variación de los coeficientes de correlación entre diámetro del tallo y producción con respecto a cultivares y años..	10
Prueba de la eficiencia de las ecuaciones propuestas por Glendinning (10).....	11
RESULTADOS Y DISCUSION	12
A. Variabilidad de las medidas de vigor y producción por cultivares y por años	12
B. Correlaciones entre medidas de crecimiento	12
1. Correlaciones entre medidas de crecimiento	12
2. Correlaciones y porcentajes de asociación entre diámetro del tallo a diferentes niveles y altura total del árbol	15
3. Correlaciones y porcentajes de asociación entre el diámetro del tallo a diferentes niveles y altura de la horqueta.....	16
4. Correlaciones entre altura total del árbol y altura de la horqueta.....	19
5. Correlaciones entre el diámetro del tallo a 0,30 m de altura con la producción parcial y acumulada de los tres primeros años de cosechas.....	19

	<u>Página</u>
6. Correlaciones entre altura de la horqueta con producción parcial y acumulada de los tres primeros años de cosecha.....	22
7. Correlaciones entre la altura total del árbol a los 5 años de edad con las producciones del quinto año y de los años anteriores.....	27
8. Correlaciones entre conformación general del árbol y su capacidad productiva.....	27
C. Eficiencia de las ecuaciones de Glendinning.....	28
RESUMEN Y CONCLUSIONES	31
SUMMARY AND CONCLUSIONES	33
LITERATURA CITADA	35
APENDICE	38

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadros</u>	<u>Página</u>
1 Resumen de las medidas de vigor y producción (promedio) en los años señalados.....	13
2 Coeficientes de correlación y porcentajes de asociación entre diámetro del tallo a diferentes niveles, altura de la horqueta y altura total del árbol tomados en noviembre y diciembre de 1965.....	14
3 Coeficientes de correlación y porcentajes de asociación entre altura total del árbol con diámetro del tallo a diferentes niveles, tomados en noviembre y diciembre de 1965	17
4 Coeficientes de correlación y porcentajes de asociación entre altura de la horqueta y diámetro del tallo a diferentes niveles, tomados en noviembre y diciembre de 1965.....	18
5. Coeficientes de correlación entre diámetro del tallo tomado anualmente a 0,30 m de altura, hasta el quinto año de edad del cultivo, con las producciones parcial y acumulada de los tres primeros años de cosecha.....	23
6 Coeficientes de correlación entre los promedios del diámetro del tallo tomado en los años señalados con la producción acumulada de los tres primeros años de cosecha.	24
7 Pruebas significancia de las diferencias entre correlaciones de diámetro del tallo a 0,30 m del suelo y producción de varios cultivares, omitiendo efecto de años de cosecha, en base a la correlación general de estos caracteres.....	25
8 Pruebas de significancia de las diferencias entre correlaciones de diámetro del tallo a 0,30 m del suelo y producción de varios años, omitiendo efecto de cultivares, en base a la correlación general de estos caracteres.....	26
9 Coeficientes de correlación entre altura total y conformación general del árbol, tomadas en noviembre y diciembre de 1965, con producción de este año y con producción acumulada de los tres primeros años de cosecha	29
10 Producciones observadas en el campo y calculados por las ecuaciones propuestas por Glendinning para 3 años de cosecha.....	29

Cuadros del Apéndice	Página
1 Cuadros medios, del análisis estadístico, de los promedios de diámetro del tallo a 0,30 m del suelo, tomados cada año en los 6 cultivares estudiados....	39
2 Cuadros medio, del análisis estadístico, de los promedios de altura de la horqueta tomada anualmente en los 6 cultivares estudiados.....	39
3 Cuadros medios, del análisis estadístico, de los promedios de varias medidas de vigor tomadas en 1965	40
4 Coeficientes de correlación entre altura de la horqueta, tomada anualmente hasta el quinto año de edad del cultivo, con las producciones parcial y acumulada de los tres primeros años de cosecha.....	41

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Crecimiento del tallo en diámetro con relación a su edad.....	30
2	Crecimiento del tallo en altura de la horqueta con relación a edad del árbol.....	30
3	Aumento de la producción en los 3 primeros años de cosecha.....	30

INTRODUCCION

Los trabajos de mejoramiento para aumentar el rendimiento en cultivos perennes son más lentos y requieren mayor precisión en la escogencia de los caracteres asociados con los componentes de la producción. La lentitud de progresos se refiere al tiempo que transcurre entre la selección o producción del material mejorado y la evaluación en el campo y su utilización, necesitanse en algunos casos, muchos años antes de tener resultados. En varias especies de árboles perennes se hán buscado correlaciones tempranas entre algunos caracteres morfológicos de las plantas y su futura capacidad de producción.

En cultivos como manzano, albaricoque, clavo de olor y algunas especies forestales, se hán encontrado características de crecimiento, en edad temprana, estrechamente correlacionadas con su capacidad productiva futura. En cacao, existen algunos trabajos que indican que hay correlaciones altas entre ciertas características de vigor de plantas jóvenes con su producción en estado adulto.

En el presente trabajo se procura determinar las mejores medidas indicativas de vigor y sus relaciones con producción usando cultivares de varios orígenes.

Esta investigación fue planeada con los siguientes objetivos:

1. Determinar la medida más apropiada del diámetro a diferentes alturas del tallo principal para recomendarla en los estudios de vigor;
2. Estudiar el grado de asociación entre altura total del árbol con altura de la horqueta y éstas con el diámetro del tallo y con producción;
3. Estudiar las correlaciones entre la mejor medida del diámetro del tallo, tomado anualmente, a partir del primer año de edad, con la producción de sus tres primeros años de cosecha.

4. Estudiar la relación entre conformación general del árbol y su capacidad productiva y

5. Estimar, mediante los datos anteriores, la eficiencia de las ecuaciones propuestas por Glendinning (10) para predicción de productividad en cacao.

REVISION DE LITERATURA

Hay muchas referencias en la literatura sobre la relación entre algunos caracteres vegetativos y la habilidad de rendimiento en cultivos de frutales de clima templado. PARTRIDGE (23) y WARING (32) trabajando con variedades de manzano, encontraron una estrecha relación entre el crecimiento en diámetro del tallo y la producción de los árboles. WILCOX (36) informa que el conjunto del diámetro del tallo y el crecimiento terminal, constituyen una medida satisfactoria del vigor del árbol, pero ninguna de las dos, considerada aisladamente, proporciona una buena estimación del crecimiento anual del árbol. SUDDS y ANTHONY (30) realizaron trabajos con manzanos y concluyeron que si el principal objetivo era predecir producción, el crecimiento en diámetro del tallo de los árboles debía tomarse en cuenta a más de los datos de productividad. Según PEARCE y BROWN (25) la circunferencia del tronco es una característica eficiente para estimar la capacidad productiva de manzanos.

REED (26) encontró que en árboles de albaricoque el crecimiento en diámetro del tronco estaba positivamente correlacionado con la producción de frutos del año siguiente.

TIDBURY (31) encontró alta correlación entre la circunferencia del tallo y la productividad de árboles de clavo (Eugenia caryophyllata). El autor informa que en esta especie el crecimiento en circunferencia del tallo, obedece a un ritmo constante desde la edad de plántula hasta el árbol adulto y mediante esto, es posible hacer predicciones de productividad con árboles jóvenes, aún sin alcanzar su fase económica.

Se há considerado el diámetro del tallo en muchos trabajos de selección de árboles de hule (Hevea brasiliensis) para aumentar rendimiento. WHITBY

(34) afirma que los árboles de hule con mayor circunferencia del tallo demostraron superioridad productiva. WEIR (33) encontró correlación positiva entre circunferencia del tallo y producción de latex en hule, pero cree que la correlación no fue tan elevada que, por si sola, constituya una evidencia concluyente para utilizar el diámetro como criterio en la selección de árboles.

Varios investigadores han utilizado medidas de diámetro del tallo y de crecimiento vertical en café joven como indicadores tempranos de la capacidad productiva de las plantas. BEAUMONT (3) propone que existe una fuerte asociación entre el crecimiento en diámetro y altura del tallo y la producción de granos del cafeto. Según sus datos, la cosecha de un año está muy influenciada por el crecimiento observado en el año precedente, aunque ciertas prácticas culturales (como poda, aplicación de fertilizantes, etc.), puedan alterar esta relación. GUISCAFRE-ARRILLAGA y GOMEZ (12) demostraron, que las cosechas de cafetos crecidos bajo intensidades luminosas diferentes, estaban altamente correlacionadas ($r=0,71$) con el diámetro del tallo. MACHADO (22) encontró correlación positiva entre la circunferencia del tallo - area transversal - y la producción en cafetos jóvenes, sin descope. Un trabajo similar de COOIL (5) mostró que el area transversal es la mejor medida simple de la rama y encontró una correlación lineal positiva entre esta medida y el rendimiento de sus plantas.

En cacao, RUSSEL (29) comparó progenies endocriadas de selecciones de Nigeria y Trinidad con híbridos de los mismos padres y encontró que estos fueron superiores en diámetro del tallo, producción de frutos, vigor y precocidad que las descendencias endocriadas.

HAVORD, MALIPHANT y COPE (14) estudiaron los efectos de sombra y aplicación de fertilizantes sobre el crecimiento y productividad en varios clones

de cacao propagados como estacas. Los resultados demuestran que el clón ICS₁ tuvo mayor altura y diámetro del tallo que los otros y que presentó producción superior a los demás.

KNAAP (19) encontró correlación positiva entre circunferencia del tallo y producción de mazorcas de cacao. Más tarde, el mismo autor (20) trabajando con plántulas, propuso que se podía seleccionarlas para rendimiento en base a medidas de crecimiento en edad temprana, pues las plantas menos vigorosas cuando jóvenes, generalmente, presentan desarrollo deficiente en la fase productiva.

Según investigaciones de JONES y MALIPHANT (18), existe fuerte asociación entre circunferencia del tallo y productividad en árboles de cacao. Los autores concluyen que plántulas vigorosas, con buenas características de crecimiento, darán árboles de alta productividad, siempre que los factores ambientales y el manejo del cultivo sean satisfactorios durante su desarrollo.

MALIPHANT (23) presenta datos de un experimento en que investigó los efectos de sombra y espaciamiento sobre la producción de cacao. A los tres y medio años tomaron medidas de diámetro del tallo y correlacionaron con las producciones de seis años sucesivos. Las plantas con mayor espaciamiento (12 x 12 piés) y bajo sombra mostraron una correlación positiva significativa hasta el quinto año de cosecha y solamente hasta el cuarto año para los árboles a pleno sol. Obtuvieron una correlación positiva significativa con los árboles a menores distancias (8 x 8 piés) a sol y sombra, pero solamente en el primer año de cosecha.

BRIDGLAND (4) encontró que las medidas del diámetro del tallo de árboles de cacao, tomadas en cualquier año se hallan estrechamente correlacionadas con la producción del mismo año.

En un ensayo con variedades de cacao, GLENDINNING (9) encontró considerable correlación positiva entre la tasa de crecimiento de los árboles en edad temprana y su producción a los 5 años. El autor mencionó que el ritmo de crecimiento disminuye cuando el árbol comienza a producir y que existe una gran asociación entre la tasa de reducción del crecimiento y la producción. RUINARD (28) en el mismo año publicó los resultados de un experimento en el cual, árboles con el diámetro del tallo superior al promedio fueron más productivos que aquellos con diámetros menores. HADDON (13) al discutir algunos factores que afectan la productividad de cacao en Malaya, concluye que hay una estrecha relación entre crecimiento del árbol y su producción.

ENRIQUEZ et al (6) estudiaron varias características de híbridos interclonales de cacao. Las plantas fueron calificadas por vigor usando altura y diámetro del tallo, y la precocidad en base al rendimiento total por parcela. Los autores creen que no existe ninguna relación entre el vigor y la precocidad de las plantas.

Trabajando con cacao del tipo amelonado, LONGWORTH y FREEMAN (21) encontraron que la circunferencia del tallo estaba positivamente correlacionada con la producción y recomienda este carácter cuando se desea determinar la capacidad productiva de árboles jóvenes antes de entrar en su fase de producción. Los autores, sugieren que el uso de estas medidas puede suministrar información previa sobre la productividad de cualquier material totalmente desconocido.

GLENDINNING (10) analizando correlaciones entre varias características de árboles de cacao, encontró correlaciones altamente significativas entre el diámetro del tallo y la conformación del árbol con su productividad. Después de una serie de consideraciones, el autor presenta dos ecuaciones de predicción de la productividad basadas en diámetro del tallo, conformación y edad del árbol.

Más tarde el mismo autor (11) al discutir los resultados de cuatro experimentos realizados en varias localidades de Ghana con cultivares de cacao, informa que existe una fuerte correlación positiva entre la tasa de incremento de diámetro del tallo antes de la fase productiva con la producción de los árboles, pero que hay correlación aún más estrecha entre la diferencia de crecimiento del diámetro del tallo antes y después del inicio de la producción. El autor pone énfasis en que a un crecimiento de 1,2 cm por año en el diámetro del tallo, en plantas jóvenes antes de comenzar a producir, corresponde un aumento de la orden de 800 kg por hectárea y por año en su capacidad productiva.

MATERIALES Y METODOS

El experimento

El presente trabajo se realizó en un experimento en que se comparan híbridos entre selecciones amazónicas y trinitarias, $SCA_6 \times IMC_{67}$, $SCA_6 \times ICS_1$, $SCA_{12} \times EET_{62}$ y plantas de polinización abierta de los Clones UF_{613} , UF_{650} y del cacao local "matina". El experimento fue plantado por el programa de mejoramiento genético del Centro de Cacao del IICA a principios de 1959 en la finca La Lola, a 40 m sobre el nivel del mar en la Costa Atlántica de Costa Rica. Se usó un diseño de bloques al azar con 5 repeticiones de parcelas de 16 árboles, sembrados a 3 x 3 m entre sí y dispuestos en cuadros de 4 x 4 plantas. Como sombra permanente se usó la especie Eritryna poepigiana (7).

Las medidas

A partir del primer año de edad del cultivo y en cada año sucesivo se tomaron medidas de diámetro del tallo a 0,30 m de altura, desde el suelo y la altura de la horqueta. En noviembre y diciembre de 1965, se recogieron medidas de diámetro del tallo a 4 diferentes alturas del suelo: 0,30, 0,60, 0,90 m y a la horqueta. En la misma oportunidad, se midió altura total del árbol, la altura de la horqueta y se calificó los árboles según su conformación general en cuatro clases:

0. Arbol raquíptico, de conformación muy irregular, o con copas pequeñas y descentradas.
1. Arbol poco desarrollado, con las ramas dispuestas de manera irregular en la horqueta, muchas veces inclinadas y con copas pequeñas.
2. Arbol poco vigoroso, tallo inclinado o torcido y con menos de tres o más de cuatro ramas a la horqueta.

3. Arbol vigoroso, bien erecto, con tres o cuatro ramas a la horqueta aproximadamente del mismo grosor y distribuidas en ángulos más o menos iguales.

A partir del primer año de cosecha, la producción fue medida en número de mazorcas sanas y enfermas y en kilogramos de cacao húmedo por árbol y por año.

Las medidas de diámetro del tallo, altura de la horqueta hasta el cuarto año de edad y producción, se obtuvieron de los archivos del Programa de Mejoramiento Genético del Centro de Cacao del IICA.

Todas las medidas de diámetro del tallo se hicieron con un calibrador de madera graduado hasta milímetros, cuidandose de observar para todas y en todos los árboles, una misma dirección relativa, con respecto a la frente convencional del experimento. Las alturas total del árbol y de la horqueta se tomaron con reglas de madera graduadas hasta centímetros.

Para verificar la variabilidad de las diferentes medidas de vigor para cultivares y para años se efectuaron análisis de variancia siguiendo el modelo de un diseño de bloques al azar. La división de grados de libertad fue la siguiente:

<u>Fuente de variación</u>	<u>G.L.</u>
Total	29
Cultivares	5
Repeticiones	4
Error	20

El estudio de la asociación de las medidas de vigor entre sí y de estas con la producción se hizo mediante análisis de correlacion simples usando los datos individuales de árboles.

En algunos casos, el número de plantas para diferentes medidas de vigor, varía por los siguientes motivos:

a. Se omitieron del ensayo todos los árboles reemplazadas después del plantío inicial debido a muertes por enfermedades o accidentes.

b. Varios árboles tenían su horqueta a una altura inferior a 0,60 y 0,90 m lo que imposibilitó la medición del diámetro del tallo a estas alturas.

Variación de los coeficientes de correlación entre diámetro del tallo y producción con respecto a cultivares y años.

A fin de observar si existen diferencias en las correlaciones de diámetro del tallo y producción en relación a cultivares y años, se efectuaron análisis de correlación de todo el experimento para los cinco años a que corresponden los datos.

Se obtuvieron coeficientes de correlación entre el diámetro del tallo al primer año de edad de las plantas con las producciones del primero, segundo y tercer año y con la producción acumulada sin considerar los cultivares. También se correlacionaron diámetro del tallo de cada cultivar con sus respectivas producciones sin tomar en cuenta los años de cosecha. Por último, se obtuvo un coeficiente de correlación del diámetro del tallo de todos los cultivares con sus producciones sin considerar ni cultivar ni años de cosechas.

Para probar la significancia de las diferencias, los coeficientes de correlación fueron transformados en $z_{(r)}$ (8). Mediante prueba de "t" se comparó los coeficientes de correlación concernientes a años y cultivares con el coeficiente de correlación para todo el experimento en que se omiten años y cultivares.

Igual procedimiento fue observado para los cuatro años subsecuentes.

Prueba de la eficiencia de las ecuaciones propuestas por Glendinning(10)

Para medir la eficiencia de las ecuaciones propuestas por Glendinning, se calculó, usando dichas ecuaciones, la producción de este experimento con base a sus datos de diámetro del tallo, conformación y edad de los árboles.

Ecuaciones

a) Prod. (Kg. de cacao húmedo)= $1806 + 41(\text{conformación} - 30) + 27(\text{diám.} - 86)$

b) Prod. (Kg. de cacao húmedo)= $1806 + 58(\text{conformación} - 30) + 317(\text{edad} - 5,27)$

Los datos de conformación, diámetro del tallo y edad del árbol se obtuvieron de conformidad con los usados por aquel autor. Los resultados obtenidos en las ecuaciones "a" y "b" fueron comparados mediante pruebas de Chi-cuadrado.

RESULTADOS Y DISCUSION

A. Variabilidad de las medidas de vigor y producción por cultivares y por años.

Un resumen de los promedios por cultivar de los diámetros a 0,30 m y altura de la horqueta del primero al quinto año de edad, de los rendimientos desde el tercero al quinto año, de la altura total y conformación general del árbol al quinto año, se presentan en el Cuadro 1. Los análisis de variancia de todas las medidas de vigor (Cuadros 1, 2 y 3 del Apéndice) dieron valores de F altamente significativos para las diferencias entre los cultivares en todos años y en todas las medidas, siendo las correspondientes a los híbridos siempre significativamente superiores a los cultivares de polinización libre. Los valores bajos de F para las diferencias entre repeticiones, indican que las condiciones generales del experimento reunieron uniformidad de medio ambiente. Los resultados de las producciones de años anteriores muestran tendencias similares (15, 16, 17).

B. Correlaciones entre medidas de crecimiento

1. Correlaciones entre diámetro del tallo a diferentes niveles

En el Cuadro 2 se presentan los coeficientes de correlación y porcentajes de asociación entre las medidas de diámetro del tallo tomadas a cuatro diferentes alturas del suelo. Todas las correlaciones entre estas medidas alcanzaron significación estadística al nivel de 1%. Los porcentajes de asociación variaron desde 9,55 hasta 98,41%. Se observa que las correlaciones y porcentajes de asociación son más bajas entre los diámetros de 0,30, 0,60, ó 0,90 m y el diámetro del tallo a la horqueta. Esto puede deberse a que el diámetro del tallo a la altura de la horqueta es muy irregular. En algunos

CUADRO 1. Resumen de las medidas de vigor y producción (promedio) en los años señalados.

Años: Medi- das: Cultivares	1er. Año			2do. Año			3er. Año			4to. Año			5to. Año				
	Diam. del tallo (cm)	Alt. de la hor- queta (m)	Prod. en Kg.	Diam. del tallo (cm)	Alt. de la hor- queta (m)	Alt. de total árbol (m)	Conf. Prod. en árbol Kg.										
SCA ₆ XIMC ₆₇	2,16	1,44	--	5,67	1,46	--	7,04	1,49	3,304	8,10	1,58	2,975	8,97	1,61	3,80	1,21	4,259
SCA ₆ XICS ₁	2,49	1,45	--	6,74	1,45	--	8,78	1,46	3,632	10,40	1,47	4,388	11,72	1,50	4,98	1,99	5,842
SCA ₁₂ XEET ₆₂	2,27	1,32	--	6,54	1,36	--	8,52	1,41	3,229	9,98	1,41	4,359	11,06	1,42	4,32	1,78	4,517
UF ₆₁₃ -open	1,55	0,96	--	5,10	1,02	--	7,52	1,06	0,586	9,16	1,12	1,131	10,28	1,14	4,02	1,79	2,486
UF ₆₅₀ -open	1,65	1,09	--	5,43	1,14	--	7,84	1,17	0,654	9,83	1,23	1,308	10,88	1,26	4,46	1,78	3,035
Matina	1,35	1,03	--	4,50	1,14	--	7,03	1,16	0,393	8,81	1,21	0,740	9,77	1,21	3,84	1,68	1,978

CUADRO 2. Coeficientes de correlación y porcentajes de asociación entre diámetro del tallo a diferentes niveles, altura de la horqueta y altura total del árbol tomados en noviembre y diciembre de 1965.

Caracteres correlaciones	Cultivares	SCA ₆ x IMC ₆₇	SCA ₆ x ICS ₁	SCA ₁₂ x EET ₆₂	UF ₆₁₃ -open	UF ₆₅₀ -open	Matina
Diámetro del tallo a 0,30 m/	Coef. correl.	0,828**	0,932**	0,863**	0,889**	0,885**	0,913**
Diámetro del tallo a 0,60 m	Associa. %	68,56	86,86	74,48	79,03	78,32	83,36
	G.L.	78	71	77	74	76	76
Diámetro del tallo a 0,30 m/	Coef. correl.	0,809**	0,837**	0,936**	0,786**	0,852**	0,835**
Diámetro del tallo a 0,90 m	Associa. %	65,45	70,06	87,61	61,78	72,59	69,72
	G.L.	78	69	74	43	62	60
Diámetro del tallo a 0,30 m/	Coef. correl.	0,648**	0,680**	0,720**	0,583**	0,658**	0,540**
Diámetro del tallo a la horq.	Asocia. %	41,99	46,24	51,84	33,99	43,30	29,16
	G.L.	78	71	77	76	78	76
Diámetro del tallo a 0,60 m/	Coef. correl.	0,945**	0,992**	0,963**	0,778**	0,927**	0,897**
Diámetro del tallo a 0,90 m	Asocia. %	89,30	98,41	92,74	60,53	85,93	80,46
	G.L.	78	69	74	43	64	60
Diámetro del tallo a 0,60 m/	Coef. correl.	0,775**	0,748**	0,768**	0,619**	0,759**	0,602**
Diámetro del tallo a la horq.	Asocia. %	60,06	55,95	58,98	38,32	57,61	36,24
	G.L.	78	71	77	74	76	76
Diámetro del tallo a 0,90 m/	Coef. correl.	0,810**	0,309**	0,796**	0,602**	0,787**	0,557*
Diámetro del tallo a la horq.	Asocia. %	65,61	9,55	63,36	36,24	61,94	31,02
	G.L.	78	69	74	43	62	60
Alt. total del árbol y alt. de la horq.	Coef. correl.	0,480**	0,296*	0,419**	0,396**	0,417**	0,603**
	Asocia. %	23,04	8,76	17,56	15,68	17,39	37,99
	G.L.	78	71	77	76	78	76

* Excede el nivel de significancia al 5%

** Excede el nivel de significancia al 1%

cultivares con ramas laterales de hábitos colgante el diámetro a la horqueta es menos grueso que en aquellos con ramas erectas.

Los coeficientes de correlación y porcentajes de asociación más altos entre el diámetro a 0,60 y 0,90 m eran de esperarse debido a que el tallo a esas alturas presenta una notoria regularidad de grosor, aunque se nota una ligera tendencia de adelgazamiento en el sentido ascendente para casi todos los casos.

El hecho de que todos los coeficientes de correlación sean altamente significativos y positivos, indica que todas las medidas de diámetro del tronco guardan mucha relación entre sí. Sin embargo, la medida que, en promedio, resultó más estrechamente correlacionada con las otras fue la del diámetro a 0,30 m del suelo, por tanto esta será la medida más recomendable como indicadora del diámetro del tallo. Esta medida ha sido usada, aunque sin investigación previa, en muchos trabajos de estimación de vigor en cacao y, de acuerdo a los resultados de este trabajo, es la más adecuada.

2. Correlaciones y porcentajes de asociación entre diámetro del tallo a diferentes niveles y altura total del árbol.

Se muestra en el Cuadro 3 los coeficientes de correlación y porcentaje de asociación entre altura total del árbol y el diámetro del tallo a alturas de 0,30, 0,60, 0,90 m y a la horqueta todas tomadas a la edad de 5 años. Todos los coeficientes de correlación fueron positivos y alcanzaron significancia estadística, concordando con los resultados de Ascenso (2) y Enriquez et al (6) quienes informaron que el diámetro del tallo presenta una estrecha relación con la altura total del árbol. Resultados semejantes fueron encontradas por Sudds y Anthony (30) en árboles de manzano y por Wigg (35) en plantas de

clavo de olor. Sudds y Anthony mencionan que existe una relación tan estrecha entre el aumento de la circunferencia del tallo y el crecimiento vertical de manzanos, que aquella medida es suficiente para los estudios de vigor en ese frutal.

Los porcentajes de asociación, de manera general, son bastante altos, especialmente con el diámetro del tallo tomado al nivel de 0,30 m. Las correlaciones más bajas son las del diámetro del tallo al nivel de la horqueta, con la altura total, confirmando lo encontrado en las correlaciones entre diámetros del tallo a diferentes niveles. Estos resultados corroboran la decisión de elegir el diámetro del tallo a la altura de 0,30 m para el estudio de asociación de esta con otras características del árbol.

3. Correlaciones y porcentajes de asociación entre el diámetro del tallo a diferentes niveles y altura de la horqueta.

Los coeficientes de correlación y porcentajes de asociación (Cuadro 4) entre la altura de la horqueta y el diámetro del tallo son bastantes bajos y negativos en algunos casos. Muy pocos son los coeficientes de correlación que llegan a alcanzar el nivel de significancia. Los valores de la mayoría de los porcentajes de asociación indican que hay mucha inconsistencia en la relación entre estas dos características. Si se examinan los datos de campo, se encuentra que la altura de la horqueta alcanza su máximo desarrollo prácticamente en el primer año de edad, mientras que el diámetro del tallo continua creciendo gradualmente en los años subsecuentes. Por consiguiente, es de esperarse que siendo independiente el desarrollo del tallo en esas dos dimensiones, arrojan correlaciones bajas o negativas.

Las tendencias de crecimiento del tallo en diámetro y altura de la horqueta estan ilustradas en las Figuras 1 y 2 respectivamente.

CUADRO 3. Coeficientes de correlación y porcentajes de asociación entre altura total del árbol con diámetro del tallo a diferentes niveles, tomados en noviembre y diciembre de 1965.

<u>Caracteres correlacionadas</u>	Alt. total del árbol/ diámetro del tallo a 0,30 m	Alt. total del árbol/ diámetro del tallo a 0,60 m	Alt. total del árbol/ diámetro del tallo a 0,90 m	Alt. total del árbol/ diámetro del tallo a la horq.	
Cultivares					
	Coeficiente de correlación	0,655**	0,740**	0,725**	0,560**
SCA ₆ x IMC ₆₇	% de asociación	42,90	54,76	52,56	31,36
	G.L.	78	78	78	78
	Coeficiente de correlación	0,613**	0,637**	0,638**	0,536**
SCA ₆ x ICS ₁	% de asociación	37,58	40,58	40,70	28,73
	G.L.	71	71	69	71
	Coeficiente de correlación	0,864**	0,813**	0,828**	0,643**
SCA ₁₂ x EET ₆₂	% de asociación	74,65	66,10	68,56	41,34
	G.L.	77	77	74	77
	Coeficiente de correlación	0,628**	0,571**	0,628**	0,314**
UF ₆₁₃ -open	% de asociación	39,44	32,60	39,44	9,86
	G.L.	76	74	43	76
	Coeficiente de correlación	0,710**	0,513**	0,523**	0,490**
UF ₆₅₀ -open	% de asociación	50,41	26,32	27,35	24,01
	G.L.	78	76	62	78
	Coeficiente de correlación	0,697**	0,604**	0,671**	0,258*
Matina	% de asociación	48,58	36,48	45,02	6,66
	G.L.	76	76	60	76

* Excede el nivel de significancia al 5%

** Excede el nivel de significancia al 1%

CUADRO 4. Coeficientes de correlación y porcentajes de asociación entre altura de la horqueta y diámetro del tallo a diferentes niveles, tomados en noviembre y diciembre de 1965.

Cultivares	Carácteres Correlacionadas	Altura de la horqueta/ Diámetro del tallo a 0,30 m	Altura de la horqueta/ Diámetro del tallo a 0,60 m	Altura de la horqueta/ Diámetro del tallo a 0,90 m	Altura de la horqueta/ Diámetro del tallo a la horqueta
	Coeficiente de correlación	0,263*	0,286*	0,234*	-0,141
SCA ₆ x IMC ₆₇	% de asociación	6,92	8,18	5,48	1,99
	G.L.	78	78	78	78
	Coeficiente de correlación	0,105	0,101	0,082	-0,114
SCA ₆ x ICS ₁	% de asociación	1,10	1,02	0,67	1,30
	G.L.	71	71	69	71
	Coeficiente de correlación	0,313**	0,260*	0,222	0,036
SCA ₁₂ x EET ₆₂	% de asociación	9,80	6,76	4,93	0,13
	G.L.	77	77	74	77
	Coeficiente de correlación	0,213	0,159	0,069	-0,369**
UF ₆₁₅ open	% de asociación	4,54	2,53	0,48	13,62
	G.L.	76	74	43	76
	Coeficiente de correlación	0,272*	0,027	-0,072	-0,239
UF ₆₅₀ -open	% de asociación	7,40	0,07	0,52	5,81
	G.L.	78	76	62	78
	Coeficiente de correlación	0,462**	0,297**	0,318*	-0,094
Matina	% de asociación	21,34	8,82	10,11	0,88
	G.L.	76	76	60	76

* Excede el nivel de significancia al 5%

** Excede el nivel de significancia al 1%

4. Correlaciones entre altura total del árbol y altura de la horqueta.

Del hecho que se ha estado usando en algunos casos la altura de la horqueta como medida de altura del árbol, ya que la primera es más fácil medir en árboles grandes que la segunda, se creyó necesario estudiar si en verdad la altura de la horqueta reflejaba la altura total del árbol. Los coeficientes de correlación y porcentajes de asociación entre estas dos medidas se presentan, también en el Cuadro 2. A pesar de que los valores son positivos y alcanzaron significación estadística, al nivel de 1% los porcentajes de asociación son bastante bajos (desde 9,76 hasta 37,99%), indicando que hay una ligera relación entre las dos alturas. Un examen de los datos de campo revela que la altura de la horqueta no parece ser influenciada por las características de vigor y, más bien, parece ser dependiente de control genético. En los cultivares UF₆₁₃ y UF₆₅₀ se observa una evidente segregación de plantas con horquetas muy bajas, las que, en algunos casos, no pasan de los 0,40 m. Estos dos clones tienen aparentemente un origen común.

5. Correlaciones entre el diámetro del tallo a 0,30 m de altura con la producción parcial y acumulada de los tres primeros años de cosechas.

Debido a que el diámetro del tronco a 0,30 m de altura ha sido usado en otros países para estudiar las relaciones de esta medida con la producción en cacao y por haber demostrado por los datos de este estudio que esta medida refleja mejor que las otras el crecimiento del diámetro, se hicieron correlaciones entre el diámetro del tallo a 0,30 m del suelo, tomado cada año, planta por planta y sus producciones parciales y acumuladas en los tres primeros años de cosecha. Los coeficientes de correlación para cada uno de los cultivares estudiados se presentan en el Cuadro 5. Conforme muestra el Cuadro, las correlaciones entre el diámetro del tallo en el segundo y tercer año de edad con la

producción acumulada, fueron positivas alcanzando significación estadística en todos los cultivares. Las correlaciones del diámetro del tallo en el primer año con las producciones parciales y acumuladas, fueron positivas y significativas en los híbridos $SCA_6 \times ICS_1$ y $SCA_{12} \times EET_{62}$, pero en la descendencia de polinización libre y en el híbrido $SCA_6 \times IMC_{67}$ no alcanzaron niveles de significación. Estos resultados no concuerdan con los de Glendinning (9), quien encontró correlaciones relativamente altas entre el diámetro promedio del tallo por variedad en el primero y sexto año con las producciones hasta esta edad, en un ensayo con 10 cultivares de cacao. Las correlaciones altas encontradas por este autor pueden deberse al uso de promedios de todos los árboles por variedades y el menor número de datos usados para la comparación. Iguales resultados se obtuvieron haciendo correlaciones de los promedios del diámetro del tallo de los mismos 6 cultivares de este estudio con las producciones totales respectivas. Las correlaciones (Cuadro 6) fueron positivas, bastante altas y comparables con aquellas presentadas por Glendinning. La discrepancia entre los resultados del Cuadro 6 y los parciales del Cuadro 5 indica que hay muchas diferencias entre años y variedades y que las interacciones entre estas dos variables se confunden al promediar los datos, originando una falsa impresión de la verdadera tendencia de la población.

Para estudiar el efecto del incremento de los diámetros de los troncos por año considerando solamente la influencia de variedades y desechando la influencia de los años de cosecha se calcularon las correlaciones entre los diámetros del tallo tomados anualmente, durante 5 años, con las producciones acumuladas de cada cultivar (r) (Cuadro 7). Los coeficientes de correlación (r_1) se obtuvieron entre los diámetros de toda la población sin considerar cultivares y años. Este valor correspondería a la correlación promedio total. Los valores

de \underline{t} resultan de las comparaciones entre "r" y " r_1 ", transformadas en "z" y " z_1 ", respectivamente. Las correlaciones de los cultivares difieren significativamente, con pocas excepciones, en todas las edades en que se tomaron las medidas de diámetro del tallo, indicando que hay un fuerte efecto de cultivares en los niveles de las correlaciones.

Se efectuaron análisis similares omitiéndose el efecto de los cultivares para estudiar el efecto de años. Los resultados se muestran en el Cuadro 8. Aunque los valores de \underline{t} alcanzan significancia estadística en algunos casos, se nota que las diferencias entre las correlaciones concernientes a años de producción, son menos consistentes que las encontradas en relación a cultivares, indicando que hay menos influencia en conjunto de las edades de las cosechas que de los cultivares.

Enriquez et al (6) informaron que no hubo ninguna relación entre el crecimiento en diámetro del tallo y altura de las plantas hasta los dos años con la productividad en los árboles de un experimento con híbridos de cacao. En el presente trabajo se observa que en la mayoría de los cultivares ($SCA_6 \times IMC_{67}$, $SCA_6 \times ICS_1$, $SCA_{12} \times EET_{62}$ y UF_{613} -open) las correlaciones entre diámetro del tallo al segundo año con las producciones parciales y acumuladas de los tres primeros años de cosecha, son positivas y alcanzan el nivel de significancia estadística al 1% (Cuadro 5). Esto sugiere que el diámetro al segundo año de edad podría ser la medida más apropiada para predecir las capacidades relativas de producción en cualquier cultivar. Parece que en los cultivares o híbridos con manifiesto vigor híbrido como $SCA_6 \times ICS_1$ y $SCA_{12} \times EET_{62}$ el diámetro del primer año puede servir para predecir las capacidades de producción, más esto no es general pues otros híbridos de alta producción, pero de aparente crecimiento lento inicial como $SCA_6 \times IMC_{67}$ y otros cultivares de polinización

libre sin manifestación temprana de vigor, no mostraron asociaciones altas de estos caracteres a esa edad.

Según Alvim (1) la superficie foliar es el factor determinante de la capacidad productiva de la planta. Reyes (27) informa que en cacao existe una correlación positiva, altamente significativa entre el diámetro del tallo y el número de hojas, bien como entre estas dos medidas y la producción. Resultados similares son mencionados por Tidbury (31) en sus trabajos con clavo de olor. Es probable que los mismos factores que afectan el diámetro del tallo tienen un efecto semejante sobre la superficie foliar y, por consecuencia, sobre la producción de frutos.

6. Correlaciones entre altura de la horqueta con producción parcial y acumulada de los tres primeros años de cosecha.

Conforme se demostró en la Figura 2 y Cuadro 1, el crecimiento del tallo en la altura de la horqueta prácticamente, alcanza su máximo en el primer año de edad, mientras que la producción aumenta gradualmente durante varios años (Figura 3), lo que ocasiona la falta de asociación entre los dos caracteres, Los coeficientes de correlación (Cuadro 4 del Apéndice) entre altura de la horqueta, tomada anualmente hasta el quinto año de edad del cultivo, con su producción parcial y acumulada correspondiente a los tres primeros años de cosecha fueron bajos y negativos en muchos casos; no alcanzaron nivel de significación estadística. No obstante, es interesante observar las diferentes tendencias de las correlaciones para cada cultivar, lo cual sugiere que el desarrollo del tallo en altura de la horqueta, es peculiar para cada descendencia y que es independiente de su capacidad de producción.

CUADRO 5. Coeficientes de correlación entre diámetro del tallo tomado anualmente a 0,30 m de altura, hasta el quinto año de edad del cultivo, con las producciones parcial y acumulada de los tres primeros años de cosecha.

Diámetro	Producción		1er. Año	2do. Año	3er. Año	Acumulada
	Cultivar	G.L.	"r"	"r"	"r"	"r"
1961	SCA ₆ x IMC ₆₇	68	-0,053	0,079	0,062	0,049
	SCA ₆ x ICS ₁	70	0,674**	0,562**	0,586**	0,715**
	SCA ₁₂ x EET ₆₂	74	0,392**	0,238*	0,302**	0,359**
	UF ₆₁₃ -open	75	0,358**	0,272*	0,212	0,292*
	UF ₆₅₀ -open	68	0,221	0,166	0,166	0,195
	Matina	70	0,181	0,167	0,330**	0,300*
1962	SCA ₆ x IMC ₆₇	68	0,775**	0,716**	0,334**	0,781**
	SCA ₆ x ICS ₁	70	0,694**	0,534**	0,439**	0,649**
	SCA ₁₂ x EET ₆₂	74	0,551**	0,580**	0,555**	0,661**
	UF ₆₁₃ -open	75	0,458**	0,375**	0,287*	0,398**
	UF ₆₅₀ -open	68	0,287*	0,212	0,206	0,247*
	Matina	70	0,246*	0,187	0,229	0,251*
1963	SCA ₆ x IMC ₆₇	68	0,634**	0,799**	0,378**	0,787**
	SCA ₆ x ICS ₁	70	0,154	0,470**	0,401**	0,410**
	SCA ₁₂ x EET ₆₂	74	0,286*	0,594**	0,461**	0,537**
	UF ₆₁₃ - open	75	0,416**	0,465**	0,173	0,344**
	UF ₆₅₀ -open	68	0,373**	0,333**	0,277*	0,344**
	Matina	70	0,359**	0,303**	0,301*	0,354**
1964	SCA ₆ x IMC ₆₇	68	0,620**	0,772**	0,364**	0,763**
	SCA ₆ x ICS ₁	70	0,163	0,378**	0,377**	0,367**
	SCA ₁₂ x EET ₁₂	74	0,260*	0,527**	0,472**	0,504**
	UF ₆₁₃ - open	75	0,053	0,254*	0,106	0,154
	UF ₆₅₀ - open	68	0,221	0,116	0,119	0,152
	Matina	70	0,209	0,146	0,324**	0,292*
1965	SCA ₆ x IMC ₆₇	68	0,502**	0,685**	0,330**	0,663**
	SCA ₆ x ICS ₁	70	-0,047	0,232*	0,272*	0,189
	SCA ₁₂ x EET ₆₂	74	0,256*	0,496**	0,462**	0,485**
	UF ₆₁₃ -open	75	-0,015	0,180	0,026	0,068
	UF ₆₅₀ -open	68	0,117	-0,011	0,013	0,029
	Matina	70	0,170	0,162	0,339**	0,300*

* Excede al nivel de significancia al 5%

** Excede al nivel de significancia al 1%

CUADRO 6. Coeficientes de correlación entre los promedios del diámetro del tallo tomado en los años señalados con la producción acumulada de los tres primeros años de cosecha.

Caracteres Correlacionadas	"r"
Diámetro del tallo en 1961/Producción Acumulada	0,991**
Diámetro del tallo en 1962/Producción Acumulada	0,938**
Diámetro del tallo en 1963/Producción Acumulada	0,704
Diámetro del tallo en 1964/Producción Acumulada	0,388
Diámetro del tallo en 1965/Producción Acumulada	0,415

G. L. = 4

** Excede el nivel de significancia al 1%

CUADRO 7. Pruebas de significancia de las diferencias entre correlaciones de diámetro del tallo a 0,30 m del suelo y producción de varios cultivares, omitiendo efecto de cosecha, en base a la correlación general de estos caracteres.

Diámetro en Cultivares	SCA ₆ x IMC ₆₇	SCA ₆ x ICS ₁	SCA ₁₂ x EET ₆₂	UF ₆₁₃ -open	UF ₆₅₀ -open	Matima	
1961	r	0,036	0,590	0,446	0,239	0,160	0,241
	z	0,040	0,668	0,484	0,245	-0,161	0,245
	r ₁						0,257
	z ₁						0,266
	t	3,493**	6,291**	3,369**	0,339	1,623	0,329
1962	r	0,582	0,536	0,546	0,323	0,202	0,202
	z	0,662	0,604	0,619	0,332	0,203	0,203
	r ₁						0,404
	z ₁						0,424
	t	2,781**	3,125**	3,468**	0,116	3,141**	3,141**
1963	r	0,584	0,338	0,444	0,281	0,282	0,285
	z	0,662	0,354	0,472	0,288	0,288	0,299
	r ₁						0,389
	z ₁						0,412
	t	3,864**	0,908	0,962	2,000*	1,917	1,768
1964	r	0,566	0,303	0,416	0,126	0,124	0,236
	z	0,647	0,310	0,448	0,131	0,121	0,245
	r ₁						0,338
	z ₁						0,354
	t	4,529**	0,689	1,506	3,532**	3,601**	1,706
1965	r	0,492	0,156	0,401	0,056	0,023	0,241
	z	0,536	0,161	0,424	0,060	0,020	0,245
	r ₁						0,272
	z ₁						0,277
	t	4,003**	0,250	2,356*	3,500**	3,972**	0,501

r - Correlaciones de diámetro del tallo con producción, omitiendo efecto de años de cosecha.

r₁ - Correlaciones de diámetro del tallo con producción, omitiendo efecto de años de cosecha y de cultivares.

t - Comparación de r y r₁ mediante transformación en z y z₁, respectivamente.

* Excede el nivel de significancia al 5%

** Excede el nivel de significancia al 1%

CUADRO 8. Pruebas de significancia de las diferencias entre correlaciones de diámetro del tallo a 0,30 m del suelo y producción de varios años, omitiendo efecto de cultivares, en base a la correlación general de estos caracteres.

Diámetro en:	Producción	1er. Año	2do. Año	3er. Año	Acumulada
1961	r	0,282	0,252	0,243	0,319
	z	0,288	0,256	0,245	0,332
	r ₁				0,257
	z ₁				0,266
	t	0,410	0,187	0,392	1,231
1962	r	0,493	0,436	0,327	0,501
	z	0,536	0,472	0,343	0,549
	r ₁				0,404
	z ₁				0,424
	t	1,287	0,597	1,437	1,810
1963	r	0,334	0,508	0,343	0,482
	z	0,343	0,562	0,354	0,523
	r ₁				0,389
	z ₁				0,412
	t	1,287	2,799**	1 082	2,071*
1964	r	0,284	0,427	0,310	0,420
	z	0,288	0,460	0,321	0,488
	r ₁				0,338
	z ₁				0,354
	t	1,231	1,978*	0,616	1 754
1965	r	0,196	0,358	0,261	0,338
	z	0,203	0,377	0,266	0,354
	r ₁				0,272
	z ₁				0,277
	t	1,381	1,866	0,205	1,437

r - Correlaciones de diámetro del tallo con producción, omitiendo efecto de años de cosecha.

r₁ - Correlaciones de diámetro del tallo con producción, omitiendo efecto de años de cosecha y de cultivares.

t - Comparación de r y r₁ mediante transformación en z y z₁, respectivamente.

* Excede el nivel de significancia al 5%

** Excede el nivel de significancia al 1%

7. Correlaciones entre la altura total del árbol a los 5 años de edad con las producciones del quinto año y de los años anteriores.

Los coeficientes de correlación entre altura total del árbol tomada en 1965 con la producción del mismo año y con la producción acumulada de los tres años de cosecha, se presentan en el Cuadro 9. Se observa que no existen evidencias de asociación entre estas características lo que concuerda con los resultados obtenidos por Enriquez et al (6). Los coeficientes de correlación alcanzaron, en algunos casos, significación estadística desde el 5 al 1%. Sin embargo, su gran variabilidad, tanto entre los cultivares híbridos como entre aquellos de polinización abierta, sugiere que la altura total del árbol no está claramente asociada con su capacidad productiva. En el campo se observa que la densidad de siembra ejerce gran influencia sobre la altura total del árbol. Los resultados indican que la altura total del árbol no es una medida recomendable como indicadora de su capacidad productiva, especialmente en plantaciones sembradas a distancias muy cortas.

8. Correlaciones entre conformación general del árbol y su capacidad productiva.

La asociación entre conformación del árbol, calificada en puntajes, y su producción en peso húmedo de semillas es muy reducida. En el Cuadro 9 se muestran los coeficientes de correlación entre las dos características los que son positivos y estadísticamente significativos al nivel del 1% en solamente los cultivares híbridos, únicamente con la producción acumulada, mientras con la producción parcial del año 1964/65, solo los cultivares $SCA_6 \times ICS_1$ y $SCA_{12} \times EET_{62}$, presentan coeficientes de correlación positivos y significativos al nivel de 1%. Esto indica que la conformación del árbol a los 5 años de edad no está relacionada con su productividad en todos los cultivares. A esta edad

algunos cultivares de producción tardía como UF₆₁₃-open y UF₆₅₀ open tienen calificaciones altas de conformación, pero su producción es todavía muy baja comparada con otros cultivares de alta producción y precocidad.

C. Eficiencia de las ecuaciones de Glendinning

Con los datos de la presente investigación, se aplicó las dos ecuaciones de predicción de la productividad de cacao propuestas por Glendinning (10). En el Cuadro 10 se presentan la producción actual acumulada y las producciones calculadas por dichas ecuaciones, la una basada en conformación del árbol y diámetro del tallo y la otra en la conformación y la edad del árbol. Se observa que los resultados de estos cálculos dieron estimaciones de 2 a 9 veces superiores a la producción real del respectivo cultivar. Además, se verifican diferencias muy altas entre las producciones calculadas por las ecuaciones para un cultivar a partir de los datos de un mismo ensayo. Se comprobó diferencias estadísticas mediante pruebas de Chi-cuadrado entre los valores para cada cultivar.

Los resultados del Cuadro 10 muestran, en todos los casos, diferencias que exceden el nivel de significancia del 0,1%. Si las dos ecuaciones, a partir de los datos del mismo campo experimental, ofrecen resultados tan diferentes entre sí y mayores de los reales, indican que las fórmulas de Glendinning (10) no están dando una estimación eficiente de predicción de producción.

CUADRO 9. Coeficientes de correlación entre Alt. Total y conformación general del árbol, tomadas en noviembre y diciembre de 1965, con producción de este año y con producción acumulada de los tres primeros años de cosecha.

Caracteres correlacionados Cultivares	G.L.	Alt. total del árbol Prod.1964/65	Alt. total del árbol Prod. acumulada	Conf. general del árbol Prod. 1964/65	Conf. general del árbol Prod.acumulada
SCA ₆ x IMC ₆₇	68	0,282*	0,469**	0,208	0,371**
SCA ₆ x ICS ₁	70	0,145	0,142	0,477**	0,364**
SCA ₁₂ x EET ₆₂	74	0,439**	0,500**	0,512**	0,525**
UF ₆₁₃ -open	75	-0,022	-0,032	0,157	0,131
UF ₆₅₀ -open	68	0,140	0,169	0,204	0,198
Matina	70	0,077	-0,011	0,184	0,241

* Excede el nivel de significancia al 5%

** Excede el nivel de significancia al 1%

CUADRO 10. Producciones observadas en el campo y calculados por las ecuaciones propuestas por Glendinning para 3 años de cosecha.

Cultivares	Prod. Observada	Prod. calculada p/ecuación "a"	Prod. calculada p/ecuación "b"	χ^2 para las dif. entre las prod. cal.en "a"y"b"
SCA ₆ x IMC ₆₇	737,66	1.847,27	1.554,55	55,12***
SCA ₆ x ICS ₁	998,07	2.628,93	1.830,61	348,14***
SCA ₁₂ x EET ₆₂	919,98	2.610,70	1.759,85	411,37***
UF ₆₁₃ -open	323,72	2.366,20	1.788,27	186,77***
UF ₆₅₀ -open	349,75	2.456,86	1,687,35	350,93***
Matina	223,98	2.221,02	1.766,23	117,10***

La producción es expresada en Kg. de cacao húmedo

*** Excede el nivel de significancia al 0,1%

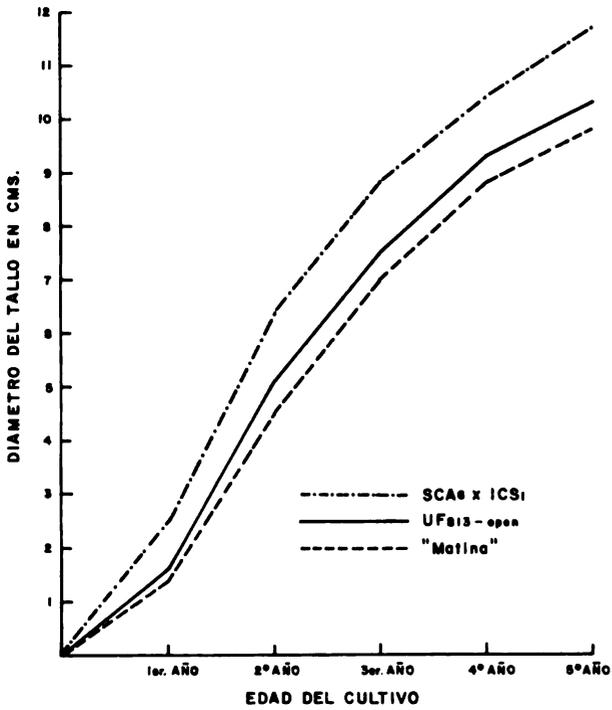


FIG. Nº1. CRECIMIENTO DEL TALLO EN DIAMETRO EN RELACION A SU EDAD.-

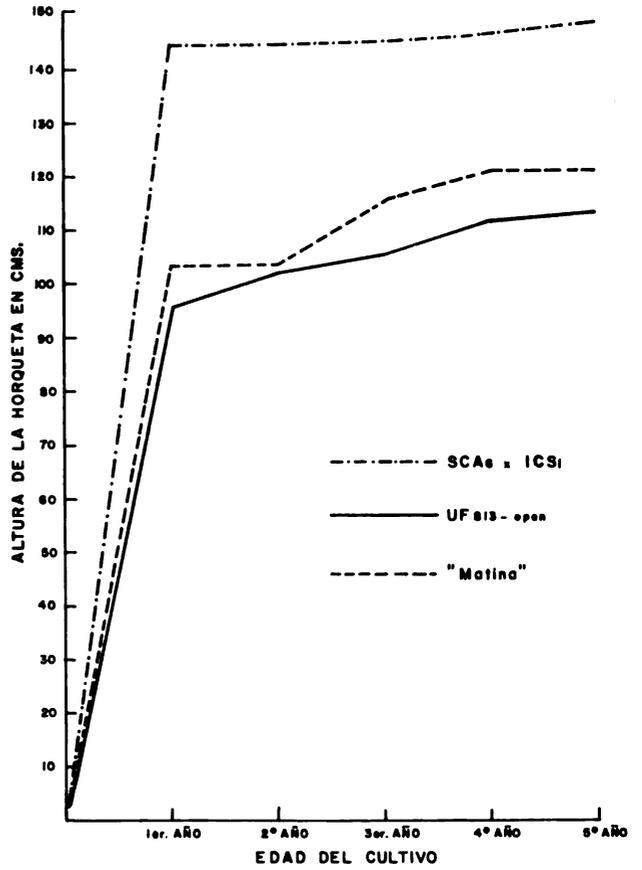


FIG. Nº2. CRECIMIENTO DEL TALLO EN ALTURA DE LA HORQUETA EN RELACION A LA EDAD DEL ARBOL.-

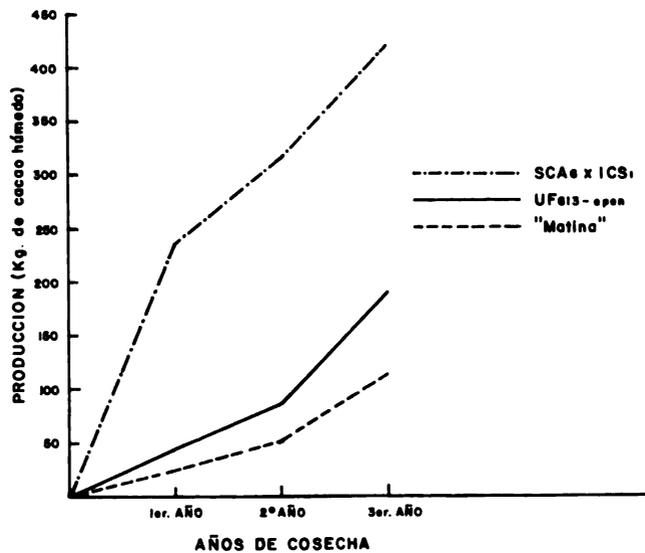


FIG. 3. AUMENTO DE LA PRODUCCION EN LOS 3 PRIMEROS AÑOS DE COSECHA.-

RESUMEN Y CONCLUSIONES

En la presente investigación se hicieron estudios sobre las relaciones de algunas medidas de vigor entre sí y éstas con la producción, en 6 cultivares de cacao. Se usaron como medidas de vigor el diámetro del tallo a diferentes alturas, la altura de la horqueta, la altura total y la conformación general de cada árbol. Se registró la producción en kilogramos de cacao húmedo por árbol y por año.

Usando análisis de variancia, se determinaron las diferencias entre cultivares para todas las medidas. La asociación entre esas medidas fue determinada mediante correlaciones simples.

Se estudió la eficiencia de las ecuaciones propuestas por Glendinning (10) para predicción de la productividad en cacao.

Las medidas de vigor y producción presentaron diferencias altamente significativas entre cultivares. Las correlaciones entre diámetro del tallo, a 0,30 m del suelo, tomado en el segundo año de edad del cultivo, con las producciones parcial y acumulada de los tres primeros años de cosecha, fueron positivas y altamente significativas en todos los cultivares híbridos. En el tercer año, las correlaciones entre diámetro del tallo a 0,30 m de altura y producción acumulada, fueron positivas y altamente significativas en todos los cultivares. La correlación entre diámetro del tallo, 0,30 m del suelo tomada anualmente hasta el quinto año de edad con producción parcial y acumulada de los 3 primeros años de cosecha, fueron más variables entre los cultivares que entre los años de cosecha. Las correlaciones de altura de la horqueta y altura total del árbol con producción fueron bajas y variables entre los cultivares. En los cultivares híbridos, la conformación general del árbol

calificada en 1965, estuvo significativamente correlacionada con la producción acumulada de los tres primeros años de cosecha, mientras que con la producción parcial del año 1964/65, solamente los híbridos $SCA_6 \times ICS_1$ y $SCA_{12} \times EET_{62}$, presentaron correlaciones significativas. Se encontró correlaciones positivas y altamente significativas entre los diámetros del tallo tomados a las alturas de 0,30, 0,60, 0,90 m y a la horqueta. Se determinó también una fuerte asociación entre los diámetros a las diferentes alturas y altura total del árbol.

El diámetro del tallo a 0,30 m del suelo en el segundo año de edad fue la medida más relacionada con la capacidad productiva del árbol.

Las ecuaciones propuestas por Glendinning no estimaron con eficiencia la producción de los cultivares en las condiciones del presente trabajo.

Se consideró el diámetro del tallo a 0,30 m de altura la medida más indicativa de crecimiento y la más relacionada con altura total del árbol.

La altura de la horqueta, altura total y conformación general no reflejan la habilidad productiva del árbol.

En los trabajos de selección con híbridos precoces de cacao, a los dos años de edad, se puede recomendar como de productividad superior, los cultivares que presentan las medidas más altas de diámetro del tallo.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

In the present study the relationship between some indicators of vigor were examined relative to each other and to production in six different cacao cultivars. The indicators of vigor used were the diameter of the trunk at different heights above ground level, the height of the horquete, and the overall height and shape of each tree. The production per tree per year was measured in kilograms of wet cacao.

The differences between cultivars on all measures was determined by analysis of variance. Simple correlation coefficients were used to determine the level of association between measures.

Highly significant differences were found in the indicators of vigor and production between the different varieties. The correlations between the diameter of the trunk measured 0,30 m above the ground during the second year of growth and the partial and cumulative production of the first three harvest years were found to be positive and highly significant in all hybrid varieties. During the third year the correlation between the diameter of the trunk at 0,30 m and cumulative production were found to be positive and significant for all varieties. The correlations between the diameter of the trunk at 0,30 m above ground level taken annually up to the fifth year of age and the partial and cumulative production of the first three years of harvest were more variable between varieties than between the partial and cumulative production in the first three years of harvest. The correlation between the height of the horquete and the overall height of the tree with production were low and varied among the varieties, The general conformation of the tree as judged in 1965 for the hybrid varieties was significantly correlated with the cumulative

production of the first three years of production, while the partial production of the year 1964/65 was significantly correlated for the $SCA_6 \times ICS_1$ and $SCA_{12} \times EET_{62}$ hybrids. The correlations between the trunk diameter at 0,30, 0,60, 0,90 m and the height at the main fork were positive and highly significant. A high degree of association was also found between the trunk diameter at the three heights and the overall height of the tree. The indicator most highly related to the productive capacity of the tree was the diameter of the trunk measured at 0,30 m above the ground at the second year of age.

The equations proposed by Glendinning did not efficiently estimate the production of the varieties under the conditions of the present study.

The diameter of the trunk measured at 0,30 m above the grounds was considered to be the measure most indicative of growth and the one most closely associated to the height of the tree.

The height of the horquete, overall height and general conformation of the tree do not appear to reflect the productive capacity of the tree.

When selecting precocious cacao hybrids, those which at two years of age show the largest trunk diameter can be considered as potentially superior yielders.

LITERATURA CITADA

1. ALVIM, P. T. A poda racional do cacauero. *Cacau Atualidades (Brasil)* 1(1):4-5. 1964.
2. ASCENSO, J. C. The inheritance of, and relationships among growth characters of young cacao seedlings. Unpublished paper. In *The Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research 1960.* Trinidad, 1960. 62 p.
3. BEAUMONT, J. H. An analysis of growth and yield relationships of coffee trees in the Kona district, Hawaii. *Journal of Agricultural Research* 59(3):223-235. 1939.
4. BRIDGLAND, L. A. Cacao improvement programme, Keverat. *Papua and New Guinea Agricultural Journal* 12(4):149-167. 1960.
5. COOIL, B. J. La composición de la hoja en relación al crecimiento y al rendimiento del café en Kona. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas 1960. 84 p. (Materiales de Enseñanza de Café y Cacao nº 19)
6. ENRIQUEZ C., G. et. al. Observaciones preliminares de la variabilidad de algunas características en la progenie híbrida de cruces interclonales de cacao. In *American Society for Horticultural Science, Caribbean Region. Proceedings.* San José, Costa Rica, 1962. v.6, pp. 60-66.
7. ESQUIVEL, O y SORIA V., J. Algunos datos sobre la variabilidad de rendimiento y sus componentes en poblaciones híbridas interclonales de cacao. In *American Society for Horticultural Science, Caribbean Region. Proceedings.* Mexico, 1965. vol. 8 pp. 130-138.
8. FISHER, R. A. *Statistical methods for research workers.* 10th ed. London Oliver and Boyd, 1946. 353 p.
9. GLENDINNING, D. R. The relationship between growth and yield in cocoa varieties. *Euphytica (Netherlands)* 9(3):351-355. 1960.
10. _____. A study of clonal cocoa varieties. *Horticultural Research*, 4(2):89-97. 1964. *
11. _____. Further observation on the relationship between growth and yield in cocoa varieties. *Euphytica (Netherlands)* 15(1):116-127. 1966.
12. GUISCAFRE-ARRILLAGA, J. y GOMEZ, L. A. Effect of solar radiation intensity on the vegetative growth and yield of coffee: *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 26(4):73-90. 1942.

13. HADDON, S. V. Variety trials of seedling cocoa in Malaya. *Malayan Agricultural Journal* 43(3):169-232. 1961.
14. HAVORD, G., MALIPHANT, G. K. y COPE, F. W. Manurial and cultural experiments on cacao. III. River Estate and Central Stations, Centeno Trinidad. In *The Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research 1953.* Trinidad, 1953. pp. 80-83.
15. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS. Ensayos regionales de comparación de rendimientos de híbridos interclonales, plantas de semillas de polinización libre de clones y cacao ordinario. In _____. *Informe Técnico 1963.* San José, 1964. pp. 100-101.
16. _____. Ensayos regionales de comparación de rendimiento de híbridos interclonales y plantas de polinización abierta de clones. In _____. *Informe Técnico 1964.* San José, 1965. p. 106.
17. _____. Ensayos regionales de comparación de híbridos interclonales y plantas de polinización abierta de clones. In _____. *Informe Técnico 1965.* San José, 1966. p. 126.
18. JONES, T. A. y MALIPHANT, G. K. High yields in cocoa field experiments and their significance in future cacao research. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 35(4):272-275. 1958.
19. KNAAP, W. P. VAN DER. Algemene beschouwingen over de factoren welke van invloed zijn op de productiecapaciteit van cacao-clonen (General considerations on the factors that influence the productive capacity of cocoa clones) *Archief voor de Koffiecultuur en Nederland Indie* 17(2):121-140. 1953.
20. _____. Verband tussen zaadgrootte en de groei van cacao-planten. *Bergartures* 23(15):421-425. 1954.
21. LONGWORTH, J. F., y FREEMAN, G. H. The use of trunk girth as a calibrating variate for field experiments on cacao trees. *Journal of Horticultural Science* 38:61-67. 1963.
22. MACHADO, S. A. El uso de la correlación y de la regresión en los sistemas de investigación. Chinchiná (Colombia) Centro Nacional de Investigaciones de Café. *Boletín Informativo* 3(31):25-44. 1952.
23. MALIPHANT, G. K. The cocoa tree size-yield correlation. In *The Imperial College of Tropical Agriculture. A report on Cacao research 1957-1958.* Trinidad, 1959. p. 80.
24. PARTRIDGE, N. L. Growth and yield of apple trees. In *American Society for Horticultural Science. Proceedings.* Maryland-1919. v. 16, pp. 104-109.

25. PEARCE, C. S. y BROWN, A. H. F. Improving fruit tree experiments by a preliminary study of the trees. *Journal of Horticultural Science* 35(1):56-65. 1960.
26. REED, H. S. Correlations between growth and fruit production of apricots. *In American Society for Horticultural Science. Proceedings.* Geneva, New York, 1928. v.25, pp.247-249.
27. REYES, LILIAN C. DE Resultados preliminares de un ensayo comparativo de progenies de cacao amazónico x criollos, amazónicos x trinitarios y criollos x trinitarios. *In American Society for Horticultural Science Caribbean Region. Proceedings.* Mexico, 1964. vol. 7, pp. 96-99.
28. RUINARD, J. Waarnemingen in de Wageningen-cacaopopulatie in het vierde levensjaar van de aanplant. (Observations on the Wageningen cacao seedlings during the 4th year of crop) *Meded. Landbouwk. Afd. Agrar Proefstat. Ned. Nw. Guinea* 1(5):1-8. 1960 (Original no consultado; compendiado en *Tropical Abstracts* 16(3):161-162. 1961.)
29. RUSSEL, T. A. The vigour of some cocoa hybrids. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 29(1-8):106. 1953.
30. SUDDS, R. H. y ANTHONY, R. D. The correlation of trunk measurements with tree performance in apples. *In American Society for Horticultural Science. Proceedings.* Geneva, New York, 1928. v. 25, pp. 244-246.
31. TIDBURY, G. E. Stem-girth as a criterion in field trials with young clove trees. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 11(41):33-37. 1943.
32. WARING, J. H. The probable value of trunk circumference as an adjunct to fruit yield in interpreting apple orchard experiments. *In American Society for Horticultural Science. Proceedings.* Maryland, College Park, 1920. v. 17, pp. 179-185. ✓
33. WEIR, J. R. The South American leaf blight and disease resistant rubber. *Journal of the Rubber Institute of Malaya* 1(1-2):75-90. 1929.
34. WHITIBY, G. S. Variation in Hevea brasiliensis. *Annals of Botany* 33:313-321. 1919.
35. WIGG, L. G. T. Notes on the yields of the clove trees based on records of a block of individually recorded trees at Kizimbani, and other data. Unpublished, Dept. Agric., Zanzibar. (Original no consultado; citado en Tidbury, G. E. Stem-girth as a criterion in field trials with young clove trees. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 11(41):35. 1943.)
36. WILCOX, J. C. Field studies of apple tree growth and fruiting. *Science Agriculture* 18:557-667. 1937.

A P E N D I C E

CUADRO 1. Cuadrados medios, del análisis estadístico, de los promedios de diámetro del tallo a 0,30 m del suelo, tomados cada año en los 6 cultivares estudiados.

Fuente de variación	G. L.	Diámetro del tallo en 1961	Diámetro del tallo en 1962	Diámetro del tallo en 1963	Diámetro del tallo en 1964	Diámetro del tallo en 1965
Cultivares	5	1,04**	3,62**	2,67**	3,51**	4,74**
Repeticiones	4	0,02	0,54	0,36	0,54	0,21
Error	20	0,06	0,36	0,38	0,43	0,42

** Excede el nivel de significancia al 1%

CUADRO 2. Cuadrados medio, del análisis estadístico, de los promedios de altura de la horqueta tomada anualmente en los 6 cultivares estudiados.

Fuente de variación	G.L.	Altura de la horq. en 1961	Altura de la horq. en 1962	Altura de la horq. en 1963	Altura de la horq. en 1964	Altura de la horq. en 1965
Cultivares	5	0,2251**	0,1699**	0,1660**	0,1548**	0,1649**
Repeticiones	4	0,0181	0,0165	0,0154	0,0159	0,0156
Error	20	0,0103	0,0106	0,0151	0,0175	0,0189

** Excede el nivel de significancia al 1%

CUADRO 3. Cuadrados medios, del análisis estadístico, de los promedios de varias medidas de vigor tomadas en 1965.

Fuente de variación	G. L.	Diámetro del tallo a alt. de 0,60 m	Diámetro del tallo a alt. de 0,90 m	Diámetro del tallo a alt. de la horq.	Altura total del árbol	Conformación general del árbol
Cultivares	5	4,41**	4,45**	6,31**	0,9892**	0,3762**
Repeticiones	4	0,09	0,04	0,27	0,0568	0,0407
Error	20	0,34	0,37	0,39	0,0925	0,0593

** Excede el nivel de significancia al 1%

CUADRO 4. Coeficientes de correlación entre altura de la horqueta, tomada anualmente hasta el quinto año de edad del cultivo, con las producciones parcial y acumulada de los tres primeros años de cosecha.

Alto de la horqueta	Producción Cultivar	G.L.	1er.Año	2do.Año	3er.Año	Acumulada
1961	SCA ₆ x IMC ₆₇	68	-0,092	0,035	-0,021	-0,042
	SCA ₆ x ICS ₁	70	0,168	0,100	-0,062	0,100
	SCA ₁₂ x EET ₆₂	74	0,225	0,325**	0,154	0,278*
	UF ₆₁₃ -open	75	0,016	0,133	0,163	0,141
	UF ₆₅₀ -open	68	-0,275*	0,183	0,197	0,229
	Matina	70	0,069	-0,047	0,028	0,017
1962	SCA ₆ x IMC ₆₇	68	-0,080	0,141	-0,005	0,008
	SCA ₆ x ICS ₁	70	0,166	0,105	-0,063	0,075
	SCA ₁₂ x EET ₆₂	74	0,172	0,304**	0,130	0,241*
	UF ₆₁₃ -open	75	-0,040	0,112	0,138	0,108
	UF ₆₅₀ -open	68	0,224	0,119	0,144	0,168
	Matina	70	0,134	-0,017	0,083	0,075
1963	SCA ₆ x IMC ₆₇	68	-0,115	-0,108	-0,002	-0,022
	SCA ₆ x ICS ₁	70	0,175	0,124	-0,062	0,082
	SCA ₁₂ x EET ₆₂	74	0,098	0,270*	0,158	0,212
	UF ₆₁₃ -open	75	-0,091	0,210	0,154	0,135
	UF ₆₅₀ -open	68	0,213	0,108	0,125	0,151
	Matina	70	0,014	-0,027	0,070	0,063
1964	SCA ₆ x IMC ₆₇	68	-0,142	-0,080	0,043	-0,051
	SCA ₆ x ICS ₁	70	0,084	0,048	-0,109	0,006
	SCA ₁₂ x EET ₆₂	74	0,096	0,275*	0,162	0,215
	UF ₆₁₃ -open	75	-0,165	0,080	0,007	-0,009
	UF ₆₅₀ -open	68	0,102	-0,012	0,012	0,024
	Matina	70	0,047	-0,100	0,009	-0,015
1965	SCA ₆ x IMC ₆₇	68	-0,130	-0,079	0,030	-0,052
	SCA ₆ x ICS ₁	70	0,105	0,079	-0,109	0,022
	SCA ₁₂ x EET ₆₂	74	0,106	0,278*	0,166	0,220
	UF ₆₁₃ -open	75	-0,172	0,080	=0,004	-0,017
	UF ₆₅₀ -open	68	0,139	0,026	0,038	0,059
	Matina	70	0,081	-0,075	0,043	0,021

* Excede el nivel de significancia al 5%

** Excede el nivel de significancia al 1%