SELECCION Y ESTUDIO DE LOS CARACTERES DE LA FLOR, LA HOJA Y LA MAZORCA, UTILES PARA LA IDENTIFICACION Y DESCRIPCION DE CULTIVARES DE CACAO

Por

Gustavo A. Enríquez C.

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

Centro de Enseñanza e Investigación

Turrialba, Costa Rica

Marzo, 1966

SELECCION Y ESTUDIO DE LOS CARACTERES DE LA FLOR, LA HOJA Y LA MAZORCA, UTILES PARA LA IDENTIFICACION Y DESCRIPCION DE CULTIVARES DE CACAO

Tesis

Sometida al Consejo de Estudios Graduados
como requisito parcial para optar al grado

de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA: _____ Consejero
Dr. Jorge Soria

_____ Comité
Ing. Heleodoro Miranda, M.A.

_____ Comité
Dr. Authur Jolly

_____ Comité
Dr. Carl C. Moh

Marzo, 1966

D E D I C A T O R I A

A Sonia Isabel

A Sonia Patricia

A La Memoria de mi Padre

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Quito, Ecuador en el año de 1935.

Realizó sus primeros estudios agrícolas en la Escuela Práctica de Agricultura "Simón Rodríguez" de la ciudad de Latacunga, Ecuador, graduándose de Práctico Agrícola en 1962.

Sus estudios universitarios los hizo en la Universidad Central del Ecuador, en la ciudad de Quito, graduándose de Ingeniero Agrónomo en 1963.

Trabajó en la Estación Experimental Tropical de Pichilingue, Ecuador en varias posiciones de 1961 a 1963.

En setiembre de 1963 ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA para realizar estudios postgraduados, mediante una beca del "American Cocoa Research Institute".

En febrero de 1964 fue contratado por el Centro de Turrialba para realizar estudios específicos patrocinados por el "American Cocoa Research Institute", que se finalizaron en marzo de 1966.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS

Quien realizó este trabajo desea expresar sus sinceros agradecimientos al Dr. Jorge Soria V., Consejero Principal por su asesoramiento y dirección.

A los miembros de su Comité Consejero Drs. Arthur Jolly, Carl C. Moh y al Ing. Heleodoro Miranda.

Al "American Cocoa Research Institute" (ACRI) Instituto que patrocinó este estudio.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Al Dr. Basil G. Bartley y Sr. D. B. Murray por sus atenciones y ayuda en la Universidad de las Indias Occidentales, Trinidad.

A todos los miembros del personal del Programa de Cacao que de una u otra forma han colaborado.

El autor deja especial agradecimiento al Sr. Steen Justesen por su colaboración en la parte estadística.

INTRODUCCION

Desde hace muchos años en los centros de investigación de los principales países productores de cacao del mundo,se han seleccionado clones o cultivares excelentes para producción o resistentes a enfermedades o plagas.

Muchos de estos clones, cuando cultivados en otros lugares, han dado buenos resultados, pero otros no han tenido aceptación, o no han mostrado las características esperadas. Esto podría suceder, bien por error en la identificación del clon, o por falta de información de la existencia de un cultivar con características deseables para ese lugar.

Ha habido poco intercambio de información sobre las características de los clones y esto ha permitido que algunos hayan sufrido cambios de identificación al ser llevados y propagados fuera del lugar de origen.

Reconociendo estos problemas, las conferencias interamericanas de cacao de Turrialba en 1954 (12), la de Colombia en 1958 (7) y la de Trinidad en 1960 (20) recomendaron al IICA la preparación de un catálogo clonal con las instrucciones para su confección y uso.

Para hacer una descripción de cultivares es preciso conocer, los caracteres útiles para describirlos, la variación de cada carácter dentro de un mismo cultivar y luego el tamaño apropiado de la muestra que se debe tomar para estimar correctamente la característica.

El presente trabajo se refiere al estudio de la información básica necesaria para la elaboración del catálogo y persigue los siguientes objetivos:

1. Estudiar la variabilidad de cada carácter, dentro y entre

cultivares.

2. Selección del mayor número de características cuantitativas y cualitativas útiles para descripción de las flores, las hojas y las mazorcas de cacao.

3. Determinar el tamaño adecuado de la muestra para que una característica sea representativa en la descripción.

REVISION DE LITERATURA

La Flor

En 1932, Pound (31) estudió algunos caracteres de la flor y presentó datos sobre el número de óvulos por ovario de varios árboles. Hace resaltar la importancia de que esta característica puede tener en la identificación de árboles, por su baja variación dentro de ellos y su gran diferencia entre los mismos.

Dejean (9) en 1948 y en 1949 (10) estudió la flor del cacao y recogió algunos datos, encontrando que es fácil diferenciar árboles por medio de las partes florales.

Brooks entre 1950 y 1952 (3, 4) dio a conocer algunos estudios anatómicos y morfológicos de la flor del cacao.

Fowler (15) en 1952 hace notar, que el "Cacao Nacional" de Ecuador tenía una diferencia con las introducciones hechas a ese país en que este tenia pigmentación en el filamento estaminal, carácter que no encontró Gnanaratnan (17) en cacaos de Ceilán.

En 1954 Ostendorf (6) propuso el uso de la flor como órgano más confiable para la identificación de clones e incluyó algunas explicaciones de como debía hacerse. Más tarde este mismo autor (27) presentó un resumen de todos los trabajos hechos por varios investigadores y los suyos propios, proponiendo la flor y otras partes del árbol para la identificación de cultivares.

La Hoja

En 1934 Pound (33) estudió el color del brote terminal y propuso

que debía haber dos genes en función y que el color del brote debía estar asociado al color de la mazorca.

Brooks (4) en 1952, encontró que el pecíolo de las hojas del tronco y de los chupones era muy similar al de las ramas laterales y propuso algunas clasificaciones para las hojas de cacao.

Asomaning (2) estudiando cacao amelonado de Africa encontró una gran variación en el largo de la hoja (1-60 cm.), pero consideró que la forma de ésta era muy uniforme, inclusive en otras variedades de cacao.

Goodall (18) estudió las variaciones del tamaño de las hojas debidas a cambios de luz, pero no encontró apreciables diferencias.

La Mazorca

Stockdale (38) en 1928 estudió las relaciones del largo y del ancho de la mazorca y encontró mucha variación entre los diferentes tipos de mazorcas; además, encontró que había variación en estas medidas aún dentro de cada árbol, lo cual le indujo a pensar que se debía tener cuidado con el tamaño de la muestra.

Pound (31) en 1932 propuso que la variación del peso de la mazorca se debe a factores genéticos; pero el mismo (32) comprobó que también otros factores, como los climáticos y de suelo contribuían a estas variaciones y calculó que 30 mazorcas era un tamaño bueno de muestra para caracterizar el peso de la mazorca. En 1934 Pound y sus colaboradores (34) encontraron que aún las labores culturales influían en el tamaño y peso de la mazorca. Encontró además que el largo de la mazorca no está asociado con un mayor número de almendras. En 1934

Pound (33) estudió la pigmentación, su herencia y su relación con la mancha axilar. Propuso que la mazorca pigmentada está asociada con la mancha axilar y el color blanco de las semillas.

Cheesman (8) en 1944 usando una gran cantidad de datos de mazorcas mostró las relaciones que existen entre diferentes tipos de cacao y en diferentes lugares.

Kuppers (23) estudió en 1953 algunos aspectos biométricos de los frutos de cacao y sus relaciones, encontrando que la característica más variable era el número de almendras por mazorca, pero mostró que el promedio coincidía con la mediana.

Ostendorf (27) en 1956 resumiendo los trabajos anteriores de otros investigadores y los suyos propios, señaló las características de la mazorca que podrían ser útiles en describir clones.

Schroeder (36) en 1958 hizo un estudio minucioso del crecimiento de la mazorca, tanto en largo como en diámetro.

Montserrin (25) en 1960 creyó que el tamaño y algunas otras características de la mazorca están influenciados por el antecesor femenino.

En 1961, Ruinard (35) estudió la variabilidad de algunas características de las mazorcas, la cual estaba representada por el "Coeficiente de Variación". Tomando las 10 mazorcas menos desviadas respecto al promedio, encontró correlaciones estrechas entre algunas características y concluye que 20 mazorcas seleccionadas al ojo representan una muestra para los caracteres que él estudió.

Glendinning (16) en 1963 encontró una correlación estrecha negativa entre el tamaño y el número de mazorcas producidas en un árbol e hizo notar que eso no influye en la producción. Este mismo autor en

1964* estableció algunas fórmulas para calcular el peso y el número de almendras por mazorca, en base a las relaciones de las medidas de la mazorca.

Almendras

Los primeros estudios biométricos del largo, ancho y espesor promedios de las almendras en algunas poblaciones fueron hechas por Stockdale (38) en 1928.

Más tarde Pound (31) en 1932 encontró que el número de almendras era mucho más variable que las medidas lineales dentro de la mazorca, sacando como conclusión que este factor no era confiable para caracterizar a un árbol, también estudió las causas que pueden estar afectando el número de almendras por mazorca. De este estudio concluyó que 5 ovarios pueden caracterizar un árbol en el número de óvulos por ovario. En 1934 informó que la pigmentación en las semillas eran un factor genético dominante sobre su ausencia (33).

En 1934, Paterson y Reed (29) describieron la manera de evaluar las formas de las almendras del cacao por varios sistemas y sugirieron la necesidad de usar sistemas estadísticos para determinar la forma de las almendras en las plantaciones de Trinidad.

Uphof (40) en 1940 hizo resaltar la importancia del color de las almendras para la calidad del producto en el mercado.

En 1956, Ostendorf (27) encontró que las almendras fermentadas tenían mucha variación en sus características y que poco sirven para el

---

* Glendinning, D. R. Comunicación personal al Dr. Jorge Soria. 1964.

estudio de ellas y consideró que el color del cotiledón fresco estudiado correctamente puede ser una forma de identificar árboles.

Alvarado y Bullard (1) en 1961 encontraron correlaciones significativas entre el tamaño de la almendra y el contenido de grasa al nivel del 5% de probabilidades y que para el tamaño de semilla y el porcentaje de cáscara había una significación negativa al nivel del 1% de probabilidades.

En 1963, Glendinning (16) encontró que los árboles diferían en el ancho y en el largo de la almendra pero no en el espesor. De mazorca a mazorca dentro de un árbol, el largo y el ancho están estrechamente asociados mientras que el espesor tiende a declinar.

LA FLOR

Materiales y métodos

Como fase inicial del estudio de la flor era necesario determinar la variación que había entre flores y dentro de los órganos de la flor de un árbol en un mismo cojinete; luego, la variación de las mismas partes en tres posiciones distintas del mismo árbol, y por último, la diferencia de estas partes entre cultivares.

Las medidas se tomaron bajo un esteroscopio (Microscopio de disección) sobre una regla graduada a 0,5 mm., con ayuda de pinzas y agujas corrientes.

Para estudiar la variabilidad entre y dentro de flores se coleccionaron en un árbol 10 flores de un mismo cojinete, en las que se midieron las siguientes partes: largo y ancho de la lígula, largo del ribete, largo de las líneas guías interiores y exteriores, largo del estaminoide, largo y ancho de los sépalos y número de óvulos por ovario.

A los datos recogidos de cada carácter se aplicó un análisis de variancia bajo un arreglo de bloques irrestrictamente al azar, en el que se consideraban como fuentes de variación las diferencias entre órganos, dentro de órganos y el total. En los casos particulares que se sale de este patrón se explica oportunamente.

Era necesario además conocer cual es el número adecuado de flores y de órganos dentro de flores que representen una buena muestra. Para este fin, se determinó el porcentaje de apreciación mínima, medida necesaria y previa. Esta medida consiste en obtener un porcentaje

de apreciación fijado, que se consigue haciendo variar alternativamente el número de órganos y de partes de órganos estudiados, de tal manera que se pueda predecir, con un porcentaje dado de seguridad, la verdadera diferencia entre muestras. El porcentaje de seguridad que se adoptó luego de una serie de pruebas fue del 10%.

La fórmula usada para estimar el porcentaje de estimación fue la siguiente (28, 39):

$$A = \sqrt{\frac{\sigma_d^2 + d\,\sigma_m^2}{dm}} \times t_{m-1}(\alpha) \times 2$$

A = amplitud del intervalo de confianza

σ_d^2 = estimación de la variancia dentro de flores

σ_m^2 = estimación de la variancia entre flores

d = número de partes

m = número de flores

α = coeficiente de confianza (0.05%)

$$\text{Porcentaje de estimación} = \frac{A}{\bar{X}} \times 100$$

Para estudiar la variación de las partes de la flor en diferentes posiciones del árbol, se seleccionó en un árbol cinco flores en el tronco, en ramas gruesas y en ramas finas y se midió: ancho y largo del sépalo y el número de óvulos por ovario. Para el análisis estadístico de cada característica se usó la siguiente división de grados de libertad (5, 14):

Total		74
Repeticiones		4
Posición		2
Regresión lineal	1	
Resíduo	1	
Error experimental		8
Error de muestreo		60

Para estudiar la diferencia entre cultivares, se seleccionaron 14 clones en Trinidad y 21 en Turrialba que representaban casi todos los complejos genéticos de cacao y en los cuales se tomaron las siguientes medidas: Largo y ancho de los sépalos, largo y ancho de la lígula, largo y diámetro del ovario, largo del estaminoide, largo del pedúnculo floral, largo de las líneas guías interiores y exteriores en la "concha", largo del estilo, largo del ribete, número de óvulos por ovario, número de botones y flores dentro de un cojín floral del tronco (rama gruesa) y de las ramas delgadas. Se contó además el número de pelos glandulares del pedúnculo floral. En algunos cultivares de Trinidad faltan algunas medidas que no fue posible tomar. Los análisis estadísticos se hicieron bajo el modelo indicado.

Se determinó la fuerza discriminatoria de todas las características mediante la relación "p", dada por la siguiente fórmula (22):

$$p = \frac{S^2 \text{ entre órganos}}{S^2 \text{ dentro de órganos}}$$

El número de repeticiones necesario de cada carácter seleccionado se estimó en base de la fórmula siguiente (37):

$$r = \frac{2\,(t' + to)^2 + S^2}{\delta^2}$$

en donde

r = Número de repeticiones

t' = Valor de "t" asociado con el tipo de Error II (95%)

to = Valor de "t" asociado con el tipo de Error I (80%)

S^2 = Una estimación de σ^2

δ = Verdadera diferencia que se desea detectar (10% del promedio)

Por último, se calificaron en base a límites previamente establecidos cada una de las siguientes características: color del pedúnculo floral, color de la base del pedúnculo floral, color de la abscisión del pedúnculo floral, color del sépalo, color del estaminoide, color del filamento estaminal, presencia de un punto de coloración entre las tecas, coloración de la lígula, coloración del ovario en la flor recién abierta, coloración de la base del estilo, presencia de cuernos en las líneas guías exteriores, color del botón, presencia de pelos glandulares en los sépalos, color del ribete, presencia de brácteas en la base del pedúnculo floral, posición de los sépalos respecto al eje central, posición de los estaminoides respecto al pistilo, largo de los pelos del estaminoide, pigmentación de la base del estaminoide, posición de la lígula y del ribete respecto al eje central.

Resultados

En el Cuadro Nº 1 se presentan los promedios de las medidas de 5 órganos dentro de cada flor y el mismo cojinete en 10 flores. Al pie del cuadro se incluyen el valor de F calculado, el nivel de significancia y el coeficiente de variación de cada carácter.

Cuadro Nº 1. Promedios expresados en mm. de 5 órganos estudiados de cada una de 10 flores de un mismo cojinete.

Flor Nº	Lígula		Líneas guías		Ribete	Sépalo		Largo	Nº de
	Largo	Ancho	Exter.	Inter.	largo	Largo	Ancho	Estam.	óvulos
1	4.76	3.64	4.36	3.24	4.34	10.26	2.90	9.54	50
2	4.72	3.60	4.36	3.16	4.28	10.00	2.90	9.46	48
3	4.60	3.56	4.10	3.02	4.14	9.88	2.90	9.30	47
4	4.52	3.54	4.10	2.98	4.04	9.80	2.82	9.26	45
5	4.38	3.42	4.10	2.96	4.00	9.70	2.82	9.08	44
6	4.36	3.36	4.04	2.94	3.94	9.28	2.76	9.06	44
7	4.22	3.26	4.02	2.88	3.84	9.04	2.76	9.02	44
8	4.20	3.26	4.02	2.76	3.82	8.86	2.76	8.98	41
9	4.12	3.24	4.00	2.72	3.72	8.78	2.74	8.98	41
10	4.10	3.14	4.00	2.62	3.38	8.74	2.56	8.68	41
$\bar{x}$	4.398	$\bar{x}$	4.11	2.93		$\bar{x}$ = 9.434			$\bar{x}$ 44.5
C.V.%	5.64	6.29	2.96	8.94	4.76	2.84	5.77	1.81	7.35
F	4.73	3.33	6.27	2.67	11.31	21.78	2.00	12.11	4.47
Signif.	**	**	**	*	**	**	N.S.	**	**

* Significativo al nivel del 5% de probabilidades.

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

Todos los caracteres dieron diferencias altamente significativas al 1% de probabilidades, a excepción del ancho de los sépalos que no mostró diferencias significativas, y el largo de las líneas guías exteriores que solamente alcanzó al nivel del 5% de probabilidades.

Los coeficientes de variabilidad son bastante bajos, variando de 1.81% en el largo del estaminoide hasta 8.94% en el largo de las líneas guías interiores.

El Cuadro Nº 2 es parte de uno general que se confeccionó inicialmente, en el que se usaron de 6 a 12 flores y de 1 a 5 órganos dentro de la flor.

Del examen de los valores del porcentaje de estimación en el cuadro inicial se decidió usar la porción del cuadro correspondiente a 8, 9 y 10 flores con 1, 2 y 3 partes dentro de cada órgano, porque dentro del rango de estos valores se encuentra en la mayoría de caracteres el tamaño de muestra razonable desde el punto de vista práctico y con el 10% de estimación fijado. Por otro lado el Cuadro Nº 2 muestra, al igual que el resto del cuadro inicial, que para alcanzar el por ciento de estimación fijado puede haber un amplio rango de escogencia variando el número de flores ó el número de órganos dentro de la flor. Al observar por ejemplo el largo de la lígula, se tiene que al aumentar de 8 flores y una medida dentro de cada parte floral, a 9 flores y una medida, la ganancia es menor que al aumentar de 1 a 3 medidas dentro de 8 flores. Pero en el largo del sépalo se observa que, aumentar una flor con una medida es mejor que aumentar una medida dentro de flores.

Hay muchos órganos que necesitan una o dos medidas de 10 flores, (la lígula por ejemplo) para poder tener la estimación del 10%. En el

Cuadro Nº 2. Porcentaje de estimación del promedio de 10 flores de un mismo cojinete, seleccionando 8, 9 y 10 flores y 1, 2 y 3 órganos dentro de cada una.

Nº de flores		8			9			10			Componente de la Variancia	
Nº de órganos		1	2	3	1	2	3	1	2	3	Entre	Dentro
Lígula	Largo	12.52	10.58	9.85	11.44	9.73	9.05	10.71	9.05	8.42	0.0462	0.0620
	Ancho	12.79	10.37	9.43	11.75	9.53	8.67	10.94	8.87	8.07	0.0213	0.0462
Líneas guías	Exteriores	7.14	6.21	5.87	6.56	5.71	5.39	6.11	5.31	5.02	0.0158	0.0150
	Interiores	17.32	13.70	12.25	15.92	12.59	11.26	14.82	11.72	10.47	0.0230	0.0690
Sépalo	Largo	10.81	10.26	10.08	9.93	9.44	9.26	9.24	8.78	8.62	0.2990	0.0720
	Ancho	10.59	8.09	7.06	9.73	7.43	6.49	9.06	6.92	6.04	0.0052	0.0260
Ribete		13.89	12.69	12.26	12.77	11.67	11.28	11.88	10.86	10.49	0.0721	0.0355
Estaminoide		5.42	4.97	4.81	4.98	4.57	4.42	4.64	4.25	4.12	0.0598	0.0277
Nº de óvulos		16.04	13.46	12.49	14.74	12.38	11.48	13.72	11.52	10.68	0.2984	0.4300

caso del estaminoide es muy claro que se pueden medir pocas flores y sólo un órgano dentro de cada flor.

Para estimar número de óvulos por ovario se podría contarlos en pocos lóculos de más de 10 flores; pero es más conveniente usar 5 lócu los de solamente 4 flores.

Para estimar el largo del Ribete es necesario llegar a una muestra de 12 flores y 2 medidas dentro de cada flor para tener la muestra representativa.

El ancho y el largo del sépalo fueron los caracteres con varianciasmás contrastadas (Cuadro Nº 1), por lo cual se los usó junto con el número de óvulos por ovario para estudiar la variabilidad de caracteres en diferentes posiciones del árbol.

En el Cuadro Nº 3 se presentan los totales y los promedios de estos órganos en tres posiciones: tronco, rama gruesa y rama fina.

Cuadro Nº 3. Resumen de totales y de promedios de 5 flores en 3 posiciones del largo y ancho del sépalo y número de óvulos por ovario.

Organo	Posición	Número de flores 1	2	3	4	5	Promedio	Promedio
Largo del sépalo	Tronco	47.4	51.2	44.1	46.3	44.9	9.36	
	Rama gruesa	49.3	50.4	46.6	48.9	45.7	9.64	
	Rama fina	44.0	44.0	49.6	47.6	46.3	9.26	9.42
Ancho del sépalo	Tronco	14.1	14.6	14.5	14.5	14.3	2.88*	
	Rama gruesa	13.7	14.6	13.4	13.8	13.2	2.75	
	Rama fina	13.3	11.0	13.3	13.0	13.5	2.56	2.73
Número de óvulos	Tronco	41	44	45	44	45	43.8	
	Rama gruesa	47	46	49	41	40	44.6	
	Rama fina	44	44	40	44	45	43.4	43.93

* Significativo al nivel del 5% de probabilidades.

Se encontró que la posición dentro del árbol influía solamente en el ancho del sépalo y no en las otras características. El promedio del ancho del sépalo para el tronco (2.88 mm.) fue mayor al nivel del 5% que el de la rama gruesa (2.75) y estos dos, mayores que el de la rama fina (2.56).

En el Cuadro Nº 4 se presentan los promedios expresados en milímetros o en otras unidades y las respectivas pruebas de Duncan (11, 19) de las características cuantitativas de las flores consideradas para buscar diferencias entre clones.

De la observación de este Cuadro Nº 4 vemos que todas las características tienen diferencias significativas al nivel del 1% de probabilidades, lo que permite deducir que todas ellas pueden ser buenas para discriminar clones, lógicamente ateniéndose al tamaño mínimo de la muestra respectiva.

En el Cuadro Nº 5 se presentan el valor de "p" y el número de repeticiones necesarias para cada carácter.

Del examen del Cuadro Nº 5 se concluye que todos los órganos son buenos para discriminar clones, pues sus valores de "p" son relativamente altos, variando desde 12,600 con el diámetro del ovario hasta 0,486 en el largo del ribete. El único factor limitante para su uso en algunos casos es el número de lecturas que hay que hacer para cada órgano o parte estudiada, pues cuando es muy alto, como en los tres últimos del cuadro, no se podría recomendar su uso dentro de una práctica regular.

VARIABILIDAD DE LAS CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS DE LA FLOR

Cuadro No 4

	Sépalo Largo mm.	Sépalo Ancho mm.	Ovario Largo mm.	Ovario Diámetro mm.	Ancho Lígula mm.	Largo Estaminoide mm.	Largo Pedúnculo Floral mm.
UF -10	8.66 fg*	2.37 defghi	1.49 hij	1.00 def	2.96 bc	8.21 def	16.85 bcde
UF -12	8.91 ef	2.68 abc	1.30 klm	1.01 cde	2.89 bcd	8.02 ef	16.02 def
UF -29	7.96 hi	2.14 ijk	1.49 hij	1.00 def	2.49 gh	6.77 ij	14.72 efg
UF -221	9.15 bcdef	2.33 efghi	2.05 a	1.08 ab	2.76 cdef	8.00 ef	17.81 bcd
UF -296	8.63 fg	2.25 ghij	1.96 ab	1.01 cde	2.64 defg	7.46 gh	16.65 bcde
UF -613	9.29 bcdef	2.81 ab	1.68 defg	1.01 cde	2.64 defg	7.90 fg	18.63 abc
UF -650	10.01 a	2.83 a	1.63 efgh	1.02 cd	3.12 ab	8.43 bcde	19.06 ab
UF -667	9.64 abcd	2.47 cdefgh	1.48 hij	1.00 def	2.96 bc	7.89 fg	17.21 bcde
UF -676	9.58 abcde	2.73 abc	1.91 bc	1.10 a	3.28 a	9.03 a	19.13 ab
UF -677	9.01 def	2.63 abcd	1.78 cd	1.00 def	3.01 bc	8.59 abcd	19.09 ab
R -2	8.68 fg	2.38 defghi	1.48 hij	1.04 bcd	2.86 bcde	7.89 fg	14.09 fgh
R -9	8.80 fg	2.22 hij	1.40 ijk	1.00 def	2.78 cdef	7.20 hi	16.19 cdef
R -10	9.19 bcdef	2.58 abcdef	1.89 bc	1.07 ab	2.82 cde	8.82 ab	18.42 bcd
R -15	9.28 bcdef	2.57 abcdef	1.78 cd	1.00 def	2.93 bc	8.30 cdef	16.47 cdef
R -19	9.77 ab	2.74 abc	1.74 de	1.00 def	2.98 bc	8.74 abc	20.89 a
R -48	8.96 def	2.27 ghij	1.54 ghi	1.02 cd	2.95 bc	7.90 fg	17.93 bcd
R -101	9.05 cdef	2.26 ghij	1.70 def	1.06 abc	2.81 cde	8.48 bcde	16.26 cdef
R -105	9.73 abc	2.49 cdefgh	1.56 fgh	1.02 cd	2.92 bc	8.27 cdef	17.97 bcd
R -113	9.51 abcde	2.61 abcde	1.58 fgh	1.00 def	2.93 bc	7.93 fg	16.69 bcde
R -117	10.03 a	2.76 abc	1.70 def	1.08 ab	3.09 ab	8.73 abc	17.95 bcd
ICS -1	7.42 ij	1.97 jk	1.06 opq	0.95 fgh	1.86 k	6.04 k	11.55 ij
ICS -35	7.05 jk	1.90 k	1.04 opq	0.96 efg	2.48 gh	6.02 k	12.26 hi
ICS -45	6.40 kl	1.89 k	0.97 q	0.85 i	2.54 fg	5.51 e	10.44 ij
ICS -48	7.45 ij	1.98 jk	0.99 q	0.91 gh	2.88 bcd	5.97 kl	12.55 ghi
ICS -60	7.22 j	1.87 k	1.13 nopq	1.00 def	2.62 efg	6.02 k	12.16 hi
ICS -61	6.91 jk	2.01 jk	1.01 pq	0.90 h	2.42 gh	5.83 kl	10.68 ij
SCA -6	7.42 ij	2.27 ghij	1.26 klmn	1.00 def	2.29 hi	6.35 jk	11.96 hij
SCA -12	7.24 j	2.53 bcdefg	1.24 klmn	1.00 def	2.92 bc	6.87 i	12.72 ghi
PA -18	7.31 ij	2.24 ghij	1.35 jkl	1.10 a	2.95 bc	6.81 ij	16.35 cdef
PA -46	7.06 j	2.31 fghi	1.16 mnop	1.02 cd	2.03 jk	6.91 i	15.27 ef
M -8	8.21 gh	1.85 k	1.31 klm	1.05 abcd	2.03 jk	6.15 k	15.28 ef
Lafi-7	7.27 j	1.92 k	1.31 klm	1.00 def	3.00 bc	7.03 hi	18.76 abc
IMC -67	6.88 jkl	2.26 ghij	1.19 lmno	1.00 def	2.17 ij	6.23 k	12.54 ghi
Enano	6.25 l	1.97 jk	1.00 q	1.00 def	2.04 jk	4.06 m	9.65 j
Promedio	8.350	2.326	1.445	1.0076	2.707	7.304	15.592
Significación	**	**	**	**	**	**	**
C.V. %	6.31	9.59	8.47	4.43	7.16	5.35	12.16

* Cualquier promedio con la misma letra no difiere estadísticamente al nivel del 1% de probabilidades. Método de David B. Duncan. Biometrics 11(1):1-42. 1955.

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

VARIABILIDAD DE LAS CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS DE LA FLOR

Cuadro Nº 4 Continuación

	Largo Estilo mm	Largo Lígula mm	Largo Ribete mm	Largo líneas guías Exteriores mm	Largo líneas guías Interiores mm	Nº Ovulos Ovario	Nº flores por cojín floral Tronco Prom.	Tronco Amb.	Rama Prom.	Rama Amb.	Nº Pelos glandulares Pedúnculo floral Prom.	Pedúnculo floral Amb.
UF-10	1.99 defg*	4.17 bcdef	4.00 abcde	3.98 abc	2.89 abcd	44.2 d	16.3 b	12-25	10.0 a	6-16	62.5 ef	46-99
UF-12	1.98 efg	3.44 hi	3.77 defg	3.59 efg	2.25 efg	42.1 ghi	12.8 bcde	8-23	7.5 b	5-13	76.1 de	43-123
UF-29	2.52 a	3.01 j	3.49 fg	3.52 gh	2.10 g	47.9 b	2.3 h	1-4	1.8 f	1-4	22.1 hi	17-29
UF-221	1.91 fg	4.00 efg	3.78 defg	4.24 a	3.04 abc	44.3 d	9.1 ef	6-19	3.7 cdef	1-7	47.7 fg	30-68
UF-296	2.01 cdefg	3.18 ij	4.17 abcd	3.66 defg	2.71 bcdef	51.8 a	27.0 a	14-48	2.7 def	1-4	33.6 gh	28-41
UF-613	2.28 b	3.85 fg	3.45 g	3.59 efg	2.19 fg	46.5 c	9.1 ef	6-14	4.3 cdef	2-8	6.4 hi	17-29
UF-650	2.03 cdefg	3.66 gh	4.30 ab	3.90 bcd	3.10 ab	41.6 ijk	15.0 bcd	6-24	4.7 cde	3-8	103.6 abc	92-123
UF-667	1.95 efg	3.92 efg	3.96 abcde	3.59 efg	2.55 cdefg	42.0 ghi	8.3 efg	4-14	5.5 bcd	3-8	106.2 abc	74-169
UF-676	2.04 cdef	4.25 bcde	4.12 abcd	4.19 ab	3.24 a	43.3 e	11.7 bcde	6-17	5.4 bcd	3-8	77.1 de	50-116
UF-677	2.01 cdefg	4.01 efg	4.33 a	4.00 abc	2.77 bcde	43.0 ef	9.4 ef	4-18	5.4 bcd	2-14	81.0 cde	64-90
R -2	2.09 cde	3.97 efg	3.69 efg	3.76 cdefg	2.39 efg	42.3 gh	15.9 bc	11-21	6.3 bc	3-14	106.8 ab	90-136
R -9	1.88 g	4.05 def	3.77 defg	3.28 h	2.10 g	41.8 hij	4.9 fgh	2-7	2.1 ef	1-4	81.2 cde	56-110
R -10	2.14 cd	4.47 b	4.21 abc	4.00 abc	2.36 efg	42.5 fg	3.9 gh	2-8	3.6 cdef	1-11	68.8 ef	46-120
R -15	2.00 cdefg	4.06 cdef	3.93 abcde	3.96 abcd	2.33 efg	42.0 ghi	10.6 de	5-15	4.3 cdef	1-11	82.0 bcde	69-103
R -19	2.04 cdef	4.90 a	4.03 abcde	3.84 cdef	2.51 defg	42.6 fg	-	-	-	-	85.3 bcde	71-118
R -48	2.03 cdefg	4.39 bcd	3.91 bcdef	3.54 fgh	2.37 efg	41.1 k	2.6 h	1-6	1.6 f	1-3	98.0 abcd	83.115
R -101	2.15 bc	4.03 defg	3.77 defg	3.83 cdef	2.70 bcdef	43.3 e	5.3 fgh	3-10	3.2 def	1-6	120.9 a	94.156
R -105	2.04 cdef	4.27 bcde	3.99 abcde	3.85 cde	2.67 bcdef	42.1 ghi	3.7 gh	1-8	1.9 ef	1-3	95.0 bcd	62.138
R -113	1.90 fg	4.44 bc	3.83 cdefg	3.97 abc	2.63 bcdef	46.4 c	-	-	-	-	82.6 bcde	28.163
R -117	2.14 cd	4.02 defg	4.08 abcde	3.92 bcd	2.67 bcdef	41.3 jk	11.1 cde	7-19	3.2 def	1-5	103.8 abc	95.113
Prom.	2.0565	4.0045	3.9290	3.8105	2.5785	43.605	9.916		4.288		77.035	
Signif.	**	**	**	**	**	**	**		**		**	
C.V.%	5.77	7.28	8.00	6.19	9.54	3.79	40.62		51.46		25.03	

* Cualquier promedio con la misma letra no difiere estadísticamente al nivel del 1% de probabilidades. Método de David B. Duncan. Biometrics 11(1):1-42. 1955

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

Cuadro Nº 5. Valores de "p" y número de repeticiones necesarias para cada carácter.

Carácter	"p"	Número de observaciones
Largo de los sépalos	4.531	9
Ancho de los sépalos	1.914	20
Largo del estaminoide	9.046	6
Diámetro del ovario	12.600	5
Largo del ovario	6.253	15
Ancho de la lígula	3.222	12
Largo de la lígula	2.164	12
Largo del pedúnculo floral	2.367	32
Largo de las líneas guías exteriores	0.949	8
Largo de las líneas guías interiores	0.643	46
Largo del estilo	1.382	7
Largo del ribete	0.486	14
Número de óvulos por ovario	2.507	4
Número de flores por cojín floral (tronco)	2.256	347
Número de flores por cojín floral (rama)	0.874	558
Número de pelos glandulares en el pedúnculo floral	2.310	132

En el Cuadro Nº 6 se presentan las características cualitativas de los clones de acuerdo a las escalas preestablecidas.

Este Cuadro es un claro reflejo de la enorme diferencia que hay entre algunos cultivares, pues se los puede diferenciar con sólo examinar algunas de las características observadas.

VARIABILIDAD DE LAS CARACTERISTICAS CUALITATIVAS DE LA FLOR

CUADRO Nº 6

Cultivar	Color Pedúnculo Floral			Color Base Pedúnculo Floral			Color Abertura			Posición Estaminoides al Eje Central			Color Sépalo			Color Botón			Pelos glandulares Sépalo		Color Estaminoide			Color Base Estaminoide			Largo Pelos Estaminoide			Color Filamento Estaminal			Punto Coloración entre Tecas		Color Lígula			Color Ribete			Guarnes Líneas Guías Exteriores		Color Ovario Tierno			Color Base Estilo		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	D	E	F	A	B	C	A	B	C	Si	No	G	H	E	A	B	C	I	J	K	A	B	C	Si	No	A	B	C	A	B	C	Si	No	A	B	C	A	B	C
SF-10	x					x	x			x			x			x			x				x	x			x					x	x		x			x			x		x			x			x
SF-12	x	x				x	x					x	x	x		x	x		x				x		x		x					x	x				x	x			x	x		x			x		x
SF-23	x	x				x	x	x		x			x			x			x				x				x					x	x				x				x		x			x			x
SF-251	x					x	x			x			x	x		x			x				x				x					x	x				x				x					x			x
SF-296	x			x			x					x	x	x		x			x				x		x	x			x			x	x				x				x		x			x			x
SF-413	x			x			x				x	x	x	x		x			x				x	x					x			x			x		x			x			x			x			x
SF-430	x					x	x			x			x	x			x		x				x		x				x			x	x				x				x			x			x			x
SF-467	x					x	x			x		x	x	x			x		x				x		x				x			x	x				x				x			x			x			x
SF-476	x					x	x			x			x	x		x			x				x	x	x				x			x	x				x				x			x			x			x
SF-477	x	x				x	x			x			x	x		x			x				x		x				x			x	x				x				x			x			x			x
F	x	x				x	x					x		x	x			x	x				x		x				x			x	x				x				x			x			x			x
F-5		x	x			x		x		x		x		x	x			x	x				x		x	x			x			x	x				x				x			x			x			x
F-10		x	x			x		x				x		x	x		x	x	x				x		x	x			x			x	x				x				x			x			x			x
F-15	x	x				x	x					x	x	x		x	x		x				x		x				x			x	x				x				x			x			x			x
F-19	x	x				x	x					x	x	x		x	x		x				x		x				x			x	x				x				x			x			x			x
IC8-1	x			x			x				x	x	x	x		x			x				x		x				x			x			x		x			x			x			x			x
IC8-35	x			x		x	x	x				x	x	x		x	x	x	x				x		x		x					x	x				x				x			x			x			x
IC8-45		x	x			x		x				x	x	x			x	x	x			x	x		x				x			x	x				x				x			x			x			x
IC8-48	x	x				x	x			x		x	x	x		x	x	x	x				x		x		x					x	x				x				x			x			x			x
IC8-60	x	x		x			x			x		x	x	x		x	x	x	x				x		x		x					x	x		x		x				x			x			x			x
IC8-61	x	x				x	x					x	x	x		x	x		x				x		x		x					x	x				x				x			x			x			x
RCA-1			x			x	x				x	x		x			x		x				x	x				x				x	x				x				x			x			x			x
RCA-2			x			x	x					x		x			x		x				x					x				x	x				x				x			x			x			x
PA-18			x	x		x		x	x	x				x			x		x				x					x		x		x	x		x								x			x			x
PA-26			x			x			x	x		x		x			x		x				x					x				x	x											x			x			x
P-48		x	x			x		x			x	x	x	x		x	x		x				x		x				x			x	x				x				x			x			x			x
P-101	x	x				x		x			x	x	x	x		x	x		x				x		x				x			x	x				x				x			x			x			x
P-105	x					x		x				x	x	x		x	x		x				x		x				x			x	x				x				x			x			x			x
P-113	x					x						x	x	x		x	x		x				x		x				x			x	x				x				x			x			x			x
P-117	x			x	x	x						x	x	x		x	x		x				x		x				x			x	x				x				x			x			x			x
INC-47	x					x	x			x			x	x		x	x		x				x	x			x					x	x			x				x			x			x			x
E-5		x	x			x			x			x		x			x		x				x				x					x	x				x				x			x			x			x
Ecf-7		x	x	x	x				x	x		x		x	x	x	x		x		x		x		x		x					x	x				x				x			x			x			x
Criollo			x			x			x			x		x	x		x	x	x				x				x					x	x				x				x			x			x			x
Bueno			x			x			x			x		x	x		x	x	x				x				x					x	x				x				x			x			x			x

A = Bien pigmentado
B = Ligeramente pigmentado

C = Sin pigmentación roja
D = Abierto

E = Cerrado
F = Medio

G = Borde claro
H = Borde intenso (morado)

I = Largo
J = Medio

K = Corto

Discusión

Las diferencias entre flores dentro de un cojinete floral se puede deber a varios factores entre los que pueden primar la edad de la flor, pese a que se seleccionó solamente las recién abiertas, o la posición de la flor dentro de la inflorescencia. Parece que las flores basales en cada inflorescencia son más desarrolladas que las terminales.

El error de muestreo es bajo y está reflejado por los coeficientes de variación que fluctúan de 1.81% hasta 8.94%, valores que se pueden considerar como muy aceptables para muestras biológicas. Dentro de cada flor los órganos son similares y por lo tanto es confiable el estudio de pocos órganos en flores de varios cojinetes.

Solamente el ancho del sépalo mostró ser afectado por la posición de la flor dentro del árbol (Cuadro Nº 3). Los sépalos de las flores de las ramas finas eran significativamente (0.05%P) menos anchos que los de los troncos y la diferencia se mantenía constante como lo indica la regresión lineal significativa entre las medidas, los sépalos de las ramas gruesas no diferían significativamente de los de las ramas finas, ni de los del tronco, lo cual indica que esta medida podría ser la adecuada. De lo contrario se tendría que medir o el ancho de los sépalos de las flores de ramas finas o del tronco. En general este carácter parece ser uno de los menos importantes en la identificación de cultivares.

Para la determinación del porcentaje de estimación adecuado (Cuadro Nº 2) se pueden tener varias alternativas, pues con varias combinaciones de números de flores y número de órganos dentro de la flor se puede obtener valores similares, iguales o inferiores a 10%. La

decisión final se hará tomando como base el número de muestras más fáciles de manipular en el trabajo práctico de descripción. Así es preferible por ejemplo, contar cinco lóculos en cuatro ovarios que un lóculo en más de 10 ovarios, pues el número de óvulos por ovario demostró ser una característica muy consistente, tal como informaron Pound (31), Esquivel y Soria (13) y Ostendorf (27).

A continuación y como parte complementaria de la determinación del porcentaje de estimación viene la determinación del número de repeticiones o muestras mínimas necesarias para estimar correctamente un carácter descriptivo. Los resultados del Cuadro Nº 6 indican que con excepción de 3 de 16 caracteres, todos pueden ser estimados convenientemente con 20 o menos repeticiones, excepto largo del pedúnculo floral con 32 y largo de las líneas guías menores de 46. Los tres caracteres con número de repeticiones elevadas 132, 347 y 558 respectivamente no fueron consideradas para uso, no porque no sean de valor descriptivo sino por la dificultad de trabajar con tantas repeticiones.

Los resultados del Cuadro Nº 4, indican que casi todas las características son buenos medios para separar clones diferentes o agrupar similares pues excepto una, todas muestran diferencias significativas al nivel del 99% de probabilidades.

Estas medidas pueden servir también para agrupar clones de orígenes similares, tal como sucede con los 'SCA', que se conoce provienen de la misma madre y casi no muestran diferencias en todos los caracteres.

La similitud entre los caracteres de los clones 'R' de México, entre 'UF-650' y 'UF-667' y 'UF-676' y 'UF-677' de Costa Rica, podrían

indicar orígenes comunes en cada caso. Este hecho es más notorio cuando se analice el Cuadro Nº 6, en donde muchos clones de origen común, tienen además similitudes en varios atributos cualitativos como las pigmentaciones de partes florales y de brotes jóvenes y otros caracteres.

Así mismo es posible trazar orígenes, como por ejemplo el del Clon 'UF-29' que presenta una coloración roja en el filamento estaminal, esta coloración no es típica en las poblaciones de "criollos" o "Trinitarios" de Centro América en donde fue seleccionada, sino del "Cacao Nacional" de Ecuador y de algunos grupos de Alto Amazonas como lo indican (Cuadro Nº 5) muchos cultivares de esa procedencia, en contraste con los clones de otros complejos genéticos que no tienen dicha pigmentación. El clon 'UF-29' fue seleccionado en Costa Rica, pero de un lote de plantas provenientes de semilla importada de Ecuador.

Es notable el cultivar 'Catongo', descrito en detalle por Miranda y Silva (24), que es sin pigmentación roja en sus partes florales, lo cual por si solo es un carácter descriptivo. De la misma manera existen otros clones que pueden identificarse por pocos caracteres o algún carácter particular marcado.

En el Cuadro Nº 6 se agrupan las características estudiadas por su valor como descriptivas (valor de "p") y el número de veces que se debe repetir. Se puede ver que la mayoría de las características sirven para describir un Clon con relativa facilidad y que hay solamente pocos que necesitan un número elevado de items para dar un promedio representativo, en cuyo caso se podría usar otros sistemas como el de

escalas o el de ámbitos para dar idea de la variación que tienen.

El estudio de los datos presentados, confirman lo que Pound (31, 33), Dejean (9, 10) y Ostandorf (27) ya habían propuesto, sin presentar ellos datos concluyentes, que la flor de cacao podría ser un carácter muy útil para separar cultivares o para tratar de averiguar su origen en general.

LA HOJA

Materiales y métodos

Como no se conocía ninguna información sobre la variación de las hojas, se comenzó un estudio exploratorio tomando muestras al azar de hojas dentro de cultivares.

Se escogieron 10 clones 'R' de México en los que se seleccionaron hojas sanas de la parte media del árbol; en el laboratorio se escogieron 10 de las más uniformes. Se dibujó sobre papel cada hoja para recoger las siguientes medidas: largo (L) y ancho (A); se estableció las relaciones A/L y L/A, ya que en muchos casos esta relación ha mostrado más consistencia que cada medida independiente. Por otro lado, es una expresión indirecta de la forma de la hoja.

Como en el primer estudio se encontró que la variación de las medidas era muy alta, se decidió aumentar el tamaño de muestra incluyendo clones de varios orígenes para lo cual se usaron los clones 'SPA-5', 7 y 11; 'SCA-6' y 12; 'P-7' y 12; 'R-19', 43, 48 y 101. Se tomaron 20 hojas al azar de la parte media del árbol y se dibujaron en un papel para medir el largo, ancho, ángulo basal y ángulo apical; se obtuvieron también las relaciones A/L, ángulo apical sobre ángulo basal, el largo apical sobre el largo basal (considerando como largo apical la distancia desde el sitio de cruce de una línea perpendicular a la nervadura central en la parte más ancha de la hoja al ápice y la parte basal desde el mismo punto a la base). Se escogieron en cada clon los 10 ángulos basales menos desviados del promedio aritmético y se hizo el análisis estadístico correspondiente.

Se estudió la correlación entre la relación A/L y los ángulos basal y apical y el ancho de la hoja para conocer el grado de asociación entre estas medidas y la relación.

Los resultados indicaron extrema variabilidad por lo que era necesario considerar otras causas para esa variación. Para este fin en los clones 'R-48', 'GS-29', SPA-11', SCA-12' y 'PA-12', se tomó de una rama madura (de la brotación anterior) y en la parte central del árbol hojas de tres posiciones diferentes: segunda, tercera y cuarta, respectivamente desde el extremo hacia la base de la rama. Por separado se dibujaron 10 hojas de cada posición y se tomaron datos del ancho, largo, ángulos basal y apical y se estimó la relación A/L. Se calculó el promedio aritmético y el geométrico.

El estudio estadístico del conjunto de estos datos se hizo bajo la siguiente división de los grados de libertad (14).

Total		149
Posición		2
Regresión lineal	1	
Resíduo	1	
Entre clones		4
Interacción P x C		8
Error de muestreo		135

Se hizo un estudio por separado para cada posición de la hoja, analizando los datos como un diseño irrestrictamente al azar.

Se hizo la prueba de la fuerza discriminatoria para cada una de las características en las tres posiciones y se determinó el número de repeticiones que se necesitarían para hacer representativa la muestra, utilizando las mismas fórmulas propuestas en el estudio de la flor.

Resultados

En el Cuadro Nº 7 se presentan los promedios de las primeras medidas de 10 hojas de los clones 'R', sus coeficientes de variabilidad y los grados de significación alcanzados.

Cuadro Nº 7. Promedios del largo, ancho y sus relaciones en las hojas de clones 'R', Coeficientes de variación y significación.

Clon 'R' Nº	Ancho mm.	Largo mm.	Relación A/L	Relación L/A
2	93.0	271.9	0.338	2.947
9	101.2	281.9	0.362	2.785
10	101.6	284.9	0.358	2.805
15	94.1	260.0	0.362	2.763
19	83.1	246.3	0.337	2.981
48	72.2	211.1	0.349	2.896
101	90.3	249.5	0.360	2.783
105	81.7	238.9	0.339	2.949
113	94.1	281.9	0.331	3.063
117	89.6	246.3	0.357	2.792
Significación	*	*	N. S.	N. S.
C.V.%	20.65	19.18	9.09	9.56

* Significativo al nivel del 5% de probabilidades.

Los resultados del Cuadro Nº 7 muestran que el largo y el ancho de la hoja alcanzaron diferencias significativas al nivel del 5%, mientras que las relaciones L/A y A/L no mostraron diferencias significativas.

Los coeficientes de variabilidad muy altos son reflejo de la alta variación que hay en todas las características entre hojas de un mismo clon, lo cual indicó que la muestra no era suficiente; por esta razón se decidió aumentar a 20 el tamaño de ésta. En el Cuadro Nº 8 se presentan los promedios y los coeficientes de variación de las medidas de los clones de diferentes orígenes, en largo, ancho, ángulo basal, ángulo apical, relación ancho sobre largo, relación ángulo apical sobre ángulo basal, y relación largo apical sobre largo basal. Se presenta también un promedio de los 10 ángulos basales menos desviados del promedio.

Los coeficientes de variabilidad presentados en el Cuadro Nº 8 no bajaron considerablemente, pero se encontró diferencias significativas al nivel del 1% en todos los caracteres. Las relaciones A/L, ángulo basal/apical mostraron coeficientes de variación altos, indicando que no se ganaba nada aumentando la muestra, por el contrario el porcentaje del coeficiente de variabilidad aumentó.

Se encontró un coeficiente "r" de correlación de 0.665 significativo al nivel del 1% entre la relación A/L y el ángulo apical y un coeficiente de 0.420 también significativo al nivel del 1% entre la misma relación y el ángulo basal. La correlación entre el ancho y la relación largo/ancho fue negativa y significativa (-0.344).

El hecho de que al haber seleccionado los 10 ángulos basales

Cuadro Nº 8. Algunas medidas y relaciones de las hojas de cultivares de diferentes orígenes, coeficiente de variación y significación

Clones	Largo mm.	Ancho mm.	Angulo basal	Angulo apical	Relación A/L	Angulos apical/basal	La/Lb	*
SPA - 5	265.2	95.7	138.4	82.4	0.36	0.614	0.898	132.9
SPA - 7	294.6	124.8	140.5	94.4	0.43	0.679	0.909	140.0
SCA - 6	230.5	73.9	119.4	76.3	0.32	0.659	0.805	117.2
SCA -12	218.0	80.7	114.0	86.5	0.37	0.769	0.832	113.7
P - 7	274.3	90.5	121.8	74.2	0.33	0.613	1.031	120.2
P - 12	267.0	96.9	162.9	76.7	0.36	0.478	1.036	161.0
SPA - 11	250.8	95.1	180.6	91.3	0.38	0.518	0.928	181.5
R - 101	243.4	92.6	118.2	85.7	0.39	0.732	0.892	115.2
R - 43	252.9	103.9	127.7	95.8	0.41	0.763	0.914	122.0
R - 19	254.8	86.2	143.2	72.8	0.34	0.515	1.071	141.9
R - 48	260.8	90.4	131.7	80.0	0.34	0.610	0.908	129.3
C. V. %	15.7	14.4	13.7	12.5	10.1	18.2	17.3	6.2
Significación	**	**	**	**	**	**	**	**

* Promedio de los 10 ángulos basales menos desviados respecto al promedio.

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

menos desviados del promedio tuviera un coeficiente bajo, hizo pensar que había una fuente de variación oculta que estaba envuelta en el problema, entonces se decidió cambiar el muestreo.

En el Cuadro Nº 9 se presentan los promedios de los ángulos superior e inferior de las hojas de cinco clones de tres posiciones. Se encontró diferencias significativas al 1% de probabilidades entre

Cuadro Nº 9. Promedio de los ángulos apical y basal de la hoja, de cinco clones en tres posiciones expresadas en grado, coeficientes de variación y significación.

		Posición de la hoja				
					Promedios	
Clon	Angulo	2º	3º	4º	apical	basal
R - 48	Apical	80.3	78.9	82.7	80.63	
	basal	149.1	143.2	153.9		148.73
GS - 29	Apical	86.1	86.1	84.3	85.50	
	basal	128.3	140.5	144.5		137.77
SPA - 11	Apical	98.3	98.6	92.5	96.47	
	basal	205.4	209.8	209.6		208.27
SCA - 12	Apical	94.7	86.1	99.6	93.47	
	basal	139.2	141.3	150.5		143.70
P - 12	Apical	86.9	80.5	86.3	84.57	
	basal	160.7	175.5	164.7		166.97
Promedios	Apical	89.26	86.04	89.08	88.13	
	basal	156.54	162.06	164.66		161.09
Coeficiente de variación %	Apical	11.05	12.16	11.32	11.51	
	basal	7.72	8.03	7.13		7.62
	Promedio	9.38	10.09	9.22		9.56
Significación	Apical	**	**	**		
	basal	**	**	**		

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

clones, pero no se encontró diferencia entre posiciones; sin embargo, los coeficientes de variación bajaron considerablemente dentro de cada posición y el promedio de posiciones y ángulos llegó a ser 9.56% que es un nivel aceptable en muestras biológicas.

En el Cuadro Nº 10 se presentan los promedios del largo y del ancho de las hojas de los cinco clones en las tres posiciones diferentes.

Cuadro Nº 10. Promedio del largo y el ancho de las hojas de cinco clones en tres posiciones distintas expresadas en mm., coeficientes de variación y significación.

Clon	Medida	Posición de la hoja			Promedio	
		2º	3º	4º	Largo	Ancho
R - 48	Largo	259.8	296.1	323.0	293.0	
	Ancho	91.4	104.4	114.7		103.5
GS - 29	Largo	265.1	261.6	265.5	264.1	
	Ancho	96.4	93.6	94.7		94.9
SPA - 11	Largo	252.2	267.7	270.3	263.4	
	Ancho	105.4	109.2	107.1		107.2
SCA - 12	Largo	226.8	246.7	275.5	249.7	
	Ancho	86.3	94.5	110.9		97.2
P - 12	Largo	285.4	289.5	288.8	287.9	
	Ancho	104.5	103.0	110.9		106.1
Promedios	Largo	257.86	272.32	284.62	271.6	
	Ancho	96.80	100.94	107.70		101.8
Coeficientes de Variación %	Largo	13.98	13.55	14.48	14.00	
	Ancho	14.61	14.56	14.03		14.40
	Promedio	14.29	14.05	14.25		14.20
Significación	Largo	*	*	*		
	Ancho	*	N. S.	N. S.		

* Significativo al nivel del 5% de probabilidades.

Los análisis estadísticos indicaron que el ancho y el largo de la hoja por si solos no son muy buenas medidas para discriminar clones, sin embargo, en la segunda posición se encontró para ambos caracteres con diferencias significativas al nivel del 5%, lo cual le da más valor a éstas que las otras posiciones que tienen diferencias significativas al nivel del 5% en el largo solamente. Nótese que los coeficientes de variabilidad continúan siendo muy altos.

En el Cuadro Nº 11 se presentan las tres relaciones que se establecieron tratando de buscar mejores medidas para caracterizar las hojas; ellas son: a) Relación ancho sobre largo; b) Media geométrica y c) Media aritmética.

Cualquiera de las tres relaciones establecidas fue discriminatoria para clones pues arrojó diferencias significativas al nivel del 1% de probabilidades. También en este caso no se encontraron diferencias estadísticas en la posición; sin embargo, los coeficientes de variación bajaron mucho, pues el promedio general de ellos es de 7.02%, lo que indica la importancia de tener en cuenta la posición o edad de la hoja.

Se calculó el valor "p" y el número de repeticiones necesarias para la muestra, los cuales se presentan en el Cuadro Nº 12.

Los resultados del Cuadro Nº 12 indican que cualquiera de las posiciones usadas independientemente pueden consituir muestras representativas, pero de lo expuesto anteriormente (Cuadro Nº 10) parece más conveniente y confiable tomar la muestra de la segunda hoja desde el ápice hasta la base.

Cuadro Nº 11. Relaciones de las hojas: 1) Relación ancho sobre largo (A); 2) Angulo: Media geométrica (B); y Media aritmética (C) de cinco clones en tres posiciones distintas; coeficientes de variación y significaciones.

Clon	Relación	Posición de la hoja 2º	3º	4º	Promedio A	B	C
	A	.354	.354	.356	.3546		
R - 48	B	108.7	106.6	112.7		109.33	
	C	114.9	111.2	118.7			114.93
	A	.365	.359	.360	.3613		
GS - 29	B	104.7	109.9	110.2		108.26	
	C	107.5	113.5	114.6			111.86
	A	.419	.409	.396	.4080		
SPA - 11	B	141.9	143.7	138.9		141.50	
	C	151.7	114.4	151.3			139.13
	A	.382	.383	.404	.3896		
SCA - 12	B	114.9	110.1	122.2		115.73	
	C	117.4	114.1	125.6			119.03
	A	.365	.355	.384	.3680		
P - 12	B	117.8	118.4	117.2		117.80	
	C	124.0	128.4	125.7			126.03
	A	.377	.372	.380	.3763		
Promedio	B	117.6	117.7	120.2		118.52	
	C	123.1	124.3	127.2			124.86
	A	7.58	7.87	7.14	7.53		
Coeficientes de Variación %	B	6.29	7.93	6.97		7.06	
	C	5.74	7.56	6.10			6.46
	Promedio	6.53	7.78	6.73			7.02
	A	**	**	**			
Significación	B	**	**	**			
	C	**	**	**			

* Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

Cuadro Nº 12. Valor de "p" y número de repeticiones necesarias para cada carácter de la hoja de cacao.

		Carácter	"p"	Número de repeticiones
Hojas:	2º	Relación ancho/largo (A/L)	0.696	13
		Angulo basal	5.982	13
		Angulo apical	0.432	27
	3º	Relación A/L	0.561	14
		Angulo basal	5.367	15
		Angulo apical	0.446	33
	4º	Relación A/L	0.519	12
		Angulo basal	4.874	12
		Angulo apical	0.375	29

Discusión

Antes de comenzar la presente investigación se tenía conocimiento de que una muestra de hojas tomada al azar en un árbol iba a tener una amplia variabilidad, pues todos los investigadores se había encontrado con el mismo problema.

Al hacer el primer estudio fue evidente que la variabilidad era alta (Cuadro Nº 7), pero había también diferencias entre clones, a pesar de que esta diferencia debía estar enmascarada por la alta variación dentro de ellos. Esto condujo a aumentar el tamaño de la muestra dando como resultado que poco o nada se ganaba para reducir la variabilidad dentro de clones (Cuadro Nº 8), pues los coeficientes de variabilidad eran más o menos parecidos en ambos casos.

En el afán de mejorar el sistema de muestreo y consultando la literatura no se encontró trabajos sobre muestreo de hojas de cacao para este fin, pero se encontró que en algunos lugares de Africa y Costa Rica se había muestreado hojas para usos en análisis foliar, considerando la edad fisiológica. Lógicamente, es imposible o muy difícil poder conseguir hojas de exactamente la misma edad fisiológica puesto que ésta depende no solamente del momento de la brotación sino también de la posición dentro del árbol y los factores climáticos que influyen directamente sobre la maduración de todos los órganos. Al tomar muestras bajo estas condiciones se notó que había una mayor uniformidad en casi todos los casos, lo cual se probó al hacer los análisis estadísticos. Los coeficientes de variabilidad se redujeron lo suficiente en casi todas las medidas para ser aceptados dentro del margen previsto para este trabajo.

Se esperaba que la variabilidad del largo y el ancho no se redujera significativamente, pues es muy fácil encontrar hojas dentro de una misma rama con variaciones de 1 a 60 cm. de largo (2), con variaciones de esas magnitudes se necesitaría un número de lecturas muy grande o quizá de todas las hojas del árbol para tener una buena muestra.

De la observación del Cuadro Nº 12 podemos concluir que la segunda hoja de la rama es la mejor posición para el muestreo, aunque no se encontró diferencias significativas dentro de posiciones, sin embargo se probó que estas diferencias hacían a la muestra no práctica.

Siendo las relaciones los datos más consistentes y menos variables se debía tenerlas muy en cuenta, puesto que ellas pueden caracterizar perfectamente no solo clones sino complejos más amplios o variedades regionales.

LA MAZORCA

Materiales y métodos

Para el estudio preliminar se usaron datos de los archivos de Trinidad de seis mazorcas seleccionadas visualmente y dibujadas sobre papel, de cada uno de 14 clones, de donde se obtuvieron las siguientes medidas: a) largo (L), b) diámetro (D), c) L/D, d) espesor de la cáscara divididas en: 1) lomos, 2) entre pares de lomos, y 3) dentro de pares de lomos. Todos los datos se analizaron estadísticamente siguiendo el patrón de un diseño irrestrictamente al azar.

Para el espesor de los lomos de los mismos clones se usó la siguiente división de grados de libertad:

Total	839
Clones	13
Mazorcas	70
Error de muestreo	756

El estudio del espesor de la cáscara entre y dentro de lomos se hizo bajo la siguiente división de grados de libertad:

Total	839
Clones	13
Entre mazorcas	70
Posiciones	1
Interacción P x C	13
Interacción P x M	70
Resíduo	672

Después del análisis se encontró que la muestra no era buena y que se cometía un considerable error al seleccionar visualmente. Para

investigar la causa de este error, se decidió usar datos de los archivos del Centro de Cacao del IICA de 30 mazorcas sin seleccionar, de 15 clones 'UF' y 18 clones 'CC', de las cuales se usaron las siguientes medidas: a) Largo, b) diámetro, c) número de almendras por mazorcas, d) peso de las almendras frescas con pulpa, e) peso de la mazorca; además se estableció la relación largo sobre diámetro. De los clones 'UF' solamente se obtuvo el ancho de un lomo en la cáscara. Ambos grupos se estudiaron por separado y posteriormente juntos.

Por no disponer en los archivos de datos del espesor de la mazorca se seleccionaron 28 mazorcas en cada uno de los clones 'UF-667' y 'P-12' y se obtuvieron: a) ancho en el lomo, b) espesor entre lomos y c) espesor dentro de lomos, para estudiar cada clon por separado y luego ambos en conjunto.

En cada caso se calculó el porcentaje de estimación en la forma descrita para la flor, seleccionado para el clon 'UF-667', 10, 20, 40 y 60 mazorcas con 1 y 10 medidas para lomos y 1 y 5 medidas para entre y dentro de lomos, y en caso del clon 'P-12', 20, 40, 60, 80 y 90 mazorcas con el mismo número de medidas anteriores.

Debido a la gran diferencia encontrada en estos dos clones de Turrialba y para hacer un estudio más completo, en Trinidad se tomaron otros datos sobre el espesor de la mazorca de 9 clones a los que se añadió con cifras sorteadas los clones 'UF-667' y 'P-12' ya estudiados. En todos ellos se obtuvieron las mismas tres medidas indicadas, de 20 mazorcas seleccionadas al azar.

Se hizo el estudio de estas medidas por separado y en conjunto y en todos se calculó el porcentaje de estimación, usando los mismos métodos establecidos para la flor.

Resultados

En el Cuadro Nº 13 se presentan los promedios de las siguientes medidas de seis mazorcas de los 14 clones de Trinidad: largo, diámetro, relación L/D, espesor de los lomos, y espesor de entre y dentro de pares de lomos. Se presenta también para comparación un promedio del espesor de entre y dentro de lomos.

Los análisis estadísticos de los datos mostraron una variabilidad muy pequeña en el largo, diámetro y la relación L/D, que se debe posiblemente al muestreo visual lo cual podría inducir a un serio error para la interpretación.

Se encontraron diferencias altamente significativas en los espesores de las mazorcas dentro de clones y entre clones en todos los casos.

En el Cuadro Nº 14 se presenta el promedio de peso de las almendras frescas, largo, diámetro, la relación L/D, número de almendras por mazorca y el espesor de los lomos de 30 mazorcas de clones 'UF'.

El análisis estadístico muestra diferencias altamente significativas entre clones y la variación dentro de clones también es grande, a juzgar por las magnitudes de los coeficientes de variación, pues solamente el diámetro y la relación L/D tienen coeficientes ligeramente bajos (10.98 y 9.05), cercanos al límite de 10% establecido como aceptable.

En el Cuadro Nº 15 se presentan datos similares a los del Cuadro Nº 14, con excepción del espesor de los lomos, para 18 clones 'CC'.

El análisis estadístico de estos datos mostró diferencias altamente significativas entre clones y entre mazorcas dentro de clones, pero dentro de mazorcas, las diferencias no tenían significación.

Cuadro Nº 13. Promedios de datos de seis mazorcas: largo, diámetro, relación L/D, lomos, dentro de lomos, entre lomos y promedio de entre lomos y dentro de lomos para 14 clones, coeficientes de variación y significación.

Clones ICS	Largo cm.	Diámetro cm.	Relación L/D	Lomos mm.	Pares de lomos mm.		
					Dentro	Entre	Promedio
1	19.38	8.05	2.410	14.26	11.07	10.70	10.88
6	19.18	9.13	2.095	14.46	9.97	11.50	10.73
8	18.92	8.23	2.293	12.10	10.30	7.93	9.10
16	18.63	9.98	1.867	15.13	12.17	12.83	12.50
39	21.20	8.31	2.547	13.67	9.63	9.87	9.75
40	23.15	8.98	2.577	13.48	9.63	9.73	9.68
43	20.02	8.76	2.278	12.22	9.93	10.73	10.33
- 48	19.88	9.05	2.195	13.58	9.90	10.27	10.12
60	22.78	8.73	2.610	13.47	9.53	9.77	9.65
- 75	17.75	9.30	1.918	12.45	10.27	10.43	10.35
- 88	18.92	8.93	2.112	14.58	10.37	11.27	10.82
- 89	16.93	8.28	2.040	15.82	10.53	11.50	11.02
95	19.78	7.63	2.595	16.00	13.40	11.90	12.65
- 98	17.07	7.68	2.220	13.98	12.43	13.10	12.77
Promedio	19.54	8.64	2.268	13.87	10.65	10.82	10.74
Coeficiente de Variación %	6.57	1.80	7.47	12.98	12.58	13.33	
Significancia	**	**	**	**	**	**	

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

Cuadro Nº 14. Promedio de 30 mazorcas de clones UF en: peso de mazorca, peso de almendras frescas, largo de mazorca, diámetro, relación L/D, número de almendras por mazorca, espesor de los lomos, coeficientes de variación y significación.

Clones UF	Peso mazorca gr.	Peso almendras frescas gr.	Nº de almendras	Largo cm.	Diámetro cm.	Relación L/D	Lomos mm.
10	865.0	187.00	30.13	19.43	8.86	2.20	18.90
11	935.0	209.67	31.40	21.13	9.77	2.16	17.80
12	804.0	182.33	28.13	19.44	8.95	2.17	17.43
29	605.7	125.67	36.50	15.74	8.61	1.83	18.06
168	831.7	179.00	25.57	18.39	9.26	1.98	19.10
221	672.3	195.67	34.90	18.61	8.88	2.10	14.63
296	719.3	160.67	36.20	17.08	9.13	1.88	16.20
613	911.7	151.00	31.40	19.54	9.77	2.00	20.86
650	857.7	186.33	26.47	19.34	9.67	1.99	19.26
654	833.0	192.00	28.10	19.07	9.66	1.97	18.96
667	920.7	228.67	31.30	19.92	9.97	2.00	17.83
668	809.7	184.00	31.47	19.09	9.46	2.02	16.86
672	535.0	112.33	26.90	17.02	8.28	2.06	16.40
676	781.0	151.33	22.50	18.58	9.15	2.04	18.50
677	1083.3	245.67	32.37	21.30	10.54	2.02	19.60
Promedio	811.0	179.42	30.22	18.91	9.33	2.03	18.03
C.V. %	28.32	36.83	32.77	13.76	10.98	9.05	13.81
Significación	**	**	**	**	**	**	**

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

Cuadro Nº 15. Promedios de 30 mazorcas de clones CC en: peso de mazorca, peso de almendras frescas, número de almendras por mazorca, largo, diámetro, relación L/D, coeficientes de variación y significaciones.

Clones CC	Peso mazorca gr.	Peso almendras frescas gr.	Nº de almendras/mazorca	Largo cm.	Diámetro cm.	Relación L/D
9	419.83	94.53	32.07	15.89	8.32	1.91
10	851.03	252.27	40.57	20.72	9.85	2.10
11	745.17	155.57	35.87	20.28	9.57	2.11
17	592.00	164.97	34.27	17.54	8.91	1.97
18	703.17	206.97	38.87	17.61	9.39	1.88
27	500.67	123.80	29.63	16.73	8.68	1.92
30	807.43	213.77	42.50	18.06	9.84	1.84
33	495.67	121.67	31.00	17.14	8.01	2.14
34	547.16	112.13	30.73	17.65	9.05	1.95
52	1244.83	184.33	33.40	23.46	10.90	2.15
54	501.67	112.33	22.83	16.31	8.21	2.00
55	299.83	93.33	26.10	13.79	6.93	1.99
56	423.67	130.83	29.83	17.19	7.15	2.41
57	578.67	103.00	27.97	17.04	8.44	2.01
66	470.33	80.33	22.50	16.91	7.77	2.18
67	427.00	110.33	29.10	14.93	7.51	1.99
71	715.00	133.00	27.50	20.29	9.09	2.24
72	670.00	151.67	22.27	21.35	8.71	2.44
Promedio	610.73	141.38	30.94	17.94	8.69	2.07
C.V. %	29.36	30.12	26.96	13.22	9.17	9.21
Significación	**	**	**	**	**	**

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

Esto llevó a la conclusión de que no es necesario hacer muchas medidas dentro de una mazorca y que es más importante aumentar el número de mazorcas con pocas medidas dentro de ellas.

Los análisis estadísticos arrojaron resultados muy similares a los del Cuadro Nº 14. Los coeficientes de variabilidad de los dos cuadros son muy similares, lo cual muestra que ambas poblaciones son parecidas. Si se comparan las relaciones L/D de los dos grupos de clones éstas son muy similares, pues sus promedios varían muy ligeramente, indicando que la forma de la mazorca es parecida. En cambio el peso de la mazorca y de las almendras frescas, son diferentes, lo cual se puede deber solamente a rigidez en los límites de la selección.

Debido a que se encontró que el número de almendras por mazorca era un dato con una variabilidad muy alta, se seleccionó al azar 5 clones tanto 'UF' como 'CC', y sus datos se transformaron a valores de logaritmo de base 10. Con estos datos transformados se efectuó un análisis de la variancia, encontrándose que la variación dentro de clones se reducía considerablemente comparada con el análisis de los datos originales, pues estos tenían un coeficiente de variación de 31.6%, mientras que en los datos transformados este coeficiente de variación es de 12.2%. Además el número de repeticiones necesarias para hacer una muestra representativa calculada con la fórmula propuesta por Steel y Torrie (37) es de 210 y 31 para los datos originales y los transformados respectivamente.

Se notó también que los promedios diferían un poco en ambos casos (27.7 y 29.7) siendo un poco superior en el caso de los datos sin transformación.

Mediante este estudio se concluye que este dato es un buen carácter discriminatorio, pero como hace falta las transformaciones de valores, sería poco practicable siendo preferible el uso de los datos directos.

En el Cuadro Nº 16 constan los promedios de los espesores de lomos, de entre lomos y de dentro de lomos de las mazorcas de los clones 'UF-667' y 'P-12'. En todos los casos hubo diferencias significativas al 1% de probabilidades entre mazorcas, pero la variabilidad dentro de mazorcas fue bastante baja en la mayoría de los casos.

En el Cuadro Nº 17 se presenta el porcentaje de apreciación de las tres medidas del espesor de la cáscara de la mazorca, considerando diferentes números de mazorcas y 1 y 10 medidas para el espesor de los lomos y 1 y 5 medidas para el espesor dentro y entre lomos.

Las diferencias muy extremas encontradas en el Cuadro Nº 17 condujeron a que se recogieran datos de espesor de lomos en 9 clones más, cuyos promedios se presentan en el Cuadro Nº 18.

El análisis estadístico mostró nuevamente diferencias altamente significativas en espesor de lomos entre mazorcas (1% de probabilidad) en todos los clones, y los coeficientes de variabilidad fueron bastante bajos, indicando que había poca variación dentro de mazorcas.
Se hizo un conjunto de todos los clones y el análisis estadístico mostró que habían diferencias altamente significativas de espesor de lomos (1% de probabilidad) entre clones y entre mazorcas de los mismos clones.

Cuadro Nº 16. Promedios del espesor de la mazorca: lomos, entre lomos y dentro de lomos de 28 mazorcas de los clones 'UF-667' y 'P-12'. Coeficientes de variación y significación.

Mazorcas	CLON 'UF-667'			CLON 'P-12'		
	Lomo	Entre	Dentro	Lomo	Entre	Dentro
1	18.50	14.26	14.08	11.04	7.98	8.22
2	20.02	14.48	15.32	11.45	8.56	9.76
3	20.25	14.56	16.18	12.28	8.72	10.02
4	20.26	15.98	16.24	13.04	9.20	10.04
5	20.33	16.82	16.42	13.25	9.30	10.12
6	20.64	16.96	16.58	13.43	10.08	10.54
7	20.78	17.02	16.60	13.50	10.16	10.72
8	20.88	17.12	16.62	13.78	10.30	10.78
9	20.90	17.14	16.62	15.31	11.50	11.34
10	21.17	17.30	16.80	15.52	11.82	11.60
11	21.60	17.38	16.86	15.70	12.26	11.68
12	21.96	17.58	16.92	15.75	12.50	11.84
13	22.05	17.64	17.04	16.46	12.90	12.84
14	22.33	17.68	17.42	16.65	13.30	13.18
15	22.39	17.72	17.50	17.15	13.74	13.46
16	22.66	17.74	17.66	17.40	14.02	13.56
17	22.68	17.84	17.80	17.50	14.24	14.64
18	22.97	17.96	17.86	18.07	14.48	14.90
19	23.02	18.22	18.02	18.67	15.00	14.94
20	23.20	18.56	18.22	18.76	15.18	14.98
21	23.21	18.80	18.34	18.86	15.24	15.04
22	23.40	18.82	18.56	19.43	15.38	15.16
23	23.51	18.94	18.86	19.48	15.92	15.40
24	23.70	19.06	18.88	19.52	15.94	15.42
25	23.85	19.80	19.00	19.56	16.32	15.84
26	23.91	20.38	19.34	20.46	16.78	16.78
27	24.41	20.98	19.66	21.32	17.14	17.70
28	26.09	21.80	20.82	21.77	17.68	18.18
Promedio	22.17	17.81	17.51	16.61	13.06	13.17
C.V. %	5.86	8.17	5.20	5.77	9.15	5.75
Significación	**	**	**	**	**	**

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

Cuadro Nº 17. Porcentaje de apreciación de: a) lomos, b) entre lomos y c) dentro de lomos del espesor de la mazorca de los clones 'UF-667' y 'P-12'.

Clón	Posición en la mazorca	Nº de lecturas	Número de mazorcas						Componente de la Variancia	
			10	20	40	60	80	90	Entre	Dentro
UF-667	Lomos	1	13.21	8.64	5.90	4.77			2.56787	1.62020
		10	10.66	6.98	4.76	3.85				
	Entre lomos	1	17.60	11.51	7.86	6.35			2.66814	2.12930
		5	14.13	9.25	6.31	5.10				
	Dentro de lomos	1	13.30	8.70	5.94	4.80			1.81661	0.83250
		5	11.51	7.53	5.14	4.15				
P - 12	Lomos	1		17.78	12.14	9.81	8.45	7.95	9.07664	0.88468
		10		17.05	11.65	9.41	8.10	7.63		
	Entre lomos	1		22.11	15.09	12.20	10.53	9.91	8.08306	1.42950
		5		20.74	14.16	11.44	9.88	9.29		
	Dentro de lomos	1		19.40	13.25	10.70	9.22	8.67	6.87662	0.57429
		5		18.80	12.83	10.37	8.93	8.41		

Cuadro Nº 18. Promedio del espesor en mm. de los lomos de 20 mazorcas en cada uno de 11 clones. Coeficiente de variación y significación.

Mazorca	ICS-6	ICS-8	ICS-75	ICS-89	ICS-95	ICS-98	ICS-100	SCA-6	IMC-67	P - 12	UF-667
1	13.10	9.01	11.04	13.89	11.91	10.28	11.70	9.02	13.11	13.04	18.50
2	13.67	9.18	11.79	14.26	12.12	10.90	12.70	9.70	13.54	13.25	20.25
3	13.82	9.22	12.28	14.59	12.14	11.76	12.82	9.92	13.67	13.43	20.26
4	14.17	9.51	12.41	15.44	12.31	12.05	13.13	10.01	13.74	13.50	20.23
5	14.70	9.53	12.45	15.76	12.32	12.48	13.47	10.13	13.96	13.78	20.64
6	14.70	9.68	12.46	15.81	12.64	12.49	13.84	10.25	13.96	15.31	20.78
7	14.84	10.14	12.47	15.82	13.02	13.04	14.01	10.93	13.98	15.52	20.88
8	15.11	10.24	12.61	16.01	13.06	13.10	14.11	11.37	14.50	15.75	21.60
9	15.55	10.34	12.69	16.13	13.66	13.12	14.17	11.42	14.51	16.46	21.96
10	15.83	10.47	12.80	16.24	13.91	13.22	14.39	11.49	14.84	17.40	22.05
11	15.97	10.85	13.00	16.31	13.92	13.32	14.44	11.52	14.86	18.07	22.33
12	16.00	11.25	13.13	16.40	14.12	13.36	14.55	11.63	15.02	18.76	22.39
13	16.10	11.29	13.13	16.65	14.16	13.37	14.72	11.66	16.31	18.86	22.66
14	16.27	11.90	13.73	16.69	14.39	13.53	14.95	13.98	16.77	19.43	22.97
15	16.33	12.43	13.82	16.72	14.67	15.01	15.32	12.12	17.22	19.48	23.20
16	16.41	12.56	13.93	16.97	14.80	15.09	15.40	12.32	17.48	19.52	23.21
17	16.51	13.20	13.99	17.41	14.87	16.32	15.97	12.56	17.70	19.56	23.40
18	17.07	13.50	14.05	18.95	15.47	16.69	16.43	12.82	17.96	20.46	23.51
19	18.14	13.80	14.46	19.11	15.58	16.76	16.46	12.84	18.02	21.32	24.41
20	18.98	14.04	14.93	20.20	17.63	17.59	16.80	15.34	19.72	21.77	26.09
Promedio	15.66	11.11	13.06	16.47	13.84	13.67	14.47	11.45	15.49	17.23	22.07
C. V. %	5.10	7.47	5.42	6.04	5.67	5.36	6.34	6.41	5.79	5.53	5.58
Significación	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

* Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

El Cuadro Nº 19 es parte de uno más general que se hizo para el porcentaje de estimación con los datos de todos los clones. Se presentan los valores de 1 y 10 medidas de espesor de lomos con 20, 40 y 60 mazorcas y se incluye para información las magnitudes de los componentes de variancia.

Este cuadro demuestra la gran variabilidad que hay en espesor de lomos entre mazorcas dentro de un clon. En unos cultivares ('ICS-75', 'UF-667', 'ICS-6') son necesarios menos de 20 mazorcas con una medida por mazorca, y en otros clones ('ICS-8', 'ICS-98', 'P-12') son necesarias 40 o 60 mazorcas con una medida para tener un porcentaje de apreciación menor de 10%. Lo más importante en este cuadro es la indicación que no hay uniformidad en la variación dentro de clones, pues hay una gradación completa desde el más variable ('P-12') hasta el más homogéneo ('ICS-75').

En el Cuadro Nº 20 se presentan los promedios del espesor de entre lomos de la cáscara de la mazorca de 11 clones y 20 mazorcas de cada uno.

El Cuadro Nº 20 muestra, al igual que para espesor de lomos (Cuadro Nº 18) que hay para entre lomos diferencias significativas (con 1% de probabilidad) entre mazorcas dentro de todos los cultivares, siendo los coeficientes de variabilidad, ligeramente mayores que para espesor de lomos. El estudio del conjunto de clones 'CC' y 'UF' de Turrialba mostró diferencias altamente significativas (con 1% de probabilidades) entre cultivares.

Cuadro Nº 19. Porcentaje de apreciación de 1 y 10 medidas con 20, 40 y 60 mazorcas de 11 clones, con sus componentes de variancias del análisis estadístico del espesor del lomo de la mazorca.

Mazorca Clon	1 lectura			10 lecturas			Componentes de la Variancia	
	20	40	60	20	40	60	Entre	Dentro
ICS-6	9.85	6.72	5.43	8.74	5.97	4.82	2.07556	0.63911
ICS-8	15.44	10.54	8.52	13.94	9.52	7.69	2.66781	0.68928
ICS-75	8.37	5.72	4.62	6.86	4.68	3.78	0.86511	0.50000
ICS-89	10.36	7.08	5.72	8.86	6.05	4.89	2.33347	0.99095
ICS-95	11.05	7.55	6.10	9.84	6.72	5.43	2.05367	0.61644
ICS-98	14.38	9.81	7.93	13.57	9.27	7.49	3.87631	0.53688
ICS-100	10.38	7.09	5.73	8.72	5.95	4.81	1.73309	0.84120
SCA-6	12.96	8.85	7.15	11.65	7.95	6.43	1.97697	0.53817
IMC-67	12.66	8.64	6.98	11.57	7.90	6.38	3.58730	0.80440
P - 12	16.37	11.18	9.03	15.62	10.66	8.62	8.17910	0.90694
UF-667	8.86	6.05	4.89	7.35	5.02	4.06	2.85389	1.51472
Promedio	11.88	8.11	6.55	10.61	7.24	5.85	2.92747	0.77983

Cuadro Nº 20. Promedio del espesor en mm. de entre lomos de la cáscara de la mazorca de 11 clones y 20 mazorcas por clon. Coeficiente de variación y significación.

Mazorca	ICS-6	ICS-8	ICS-75	ICS-89	ICS-95	ICS-98	ICS-100	SCA-6	IMC-67	P - 12	UF-667
1	10.92	5.32	7.52	9.42	8.28	9.08	8.74	5.98	10.38	8.72	14.26
2	11.02	5.78	8.96	9.68	9.16	9.22	9.36	6.46	10.70	9.20	14.48
3	11.54	6.06	9.32	9.88	9.20	9.70	9.66	6.62	11.44	9.30	14.56
4	11.74	6.12	9.34	9.98	9.24	10.44	9.74	6.76	11.56	10.08	16.96
5	11.82	6.34	9.52	10.20	9.26	10.60	10.06	6.76	11.64	10.30	17.02
6	12.46	6.52	9.64	10.56	9.28	10.68	10.10	6.82	11.86	11.50	17.12
7	12.52	6.76	9.74	10.62	10.02	10.76	10.34	6.90	11.90	11.82	17.14
8	12.66	6.78	9.84	10.64	10.22	10.78	10.62	6.94	12.00	12.26	17.38
9	12.78	6.96	9.96	10.78	10.30	10.90	10.70	6.96	12.04	12.50	17.58
10	12.88	7.08	10.42	11.22	10.64	10.90	10.70	7.00	12.06	12.90	17.72
11	12.94	7.16	10.46	11.30	10.84	11.12	10.90	7.08	12.10	13.74	17.74
12	13.02	7.24	10.58	11.34	11.12	11.44	10.90	7.08	12.52	14.02	17.84
13	13.20	7.52	10.58	11.42	11.30	11.60	11.10	7.12	12.76	14.24	17.96
14	13.30	7.80	10.70	11.52	11.38	11.72	11.10	7.14	12.92	14.48	18.22
15	13.32	8.70	10.70	11.64	11.56	12.86	11.34	7.42	13.94	15.24	18.56
16	13.42	8.92	10.80	11.66	11.58	12.88	11.44	7.56	14.42	15.38	18.80
17	13.62	9.00	11.04	11.76	11.70	13.22	11.80	7.62	14.68	15.92	18.94
18	14.28	9.44	11.10	13.20	11.96	14.16	11.96	8.00	14.86	15.94	20.38
19	15.08	9.60	11.48	13.92	12.80	15.52	12.24	8.18	15.56	16.78	20.98
20	15.84	9.94	13.14	14.40	12.88	15.72	13.18	8.34	15.96	17.14	21.80
Promedio	12.92	7.45	10.24	11.26	10.64	11.67	10.80	7.14	12.77	13.07	17.77
C. V. %	7.99	7.38	9.60	7.38	7.74	4.64	7.09	8.83	8.05	9.50	7.95
Significación	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

En el Cuadro Nº 21 se presenta el porcentaje de estimación respecto al promedio para espesor de entre-lomos con 1 y 5 medidas en 20, 40 y 60 mazorcas de los 11 cultivares estudiados, y se acompañan los respectivos componentes de variancia.

Cuadro Nº 21. Porcentaje de apreciación de 1 y 5 lecturas con 20, 40 y 60 mazorcas de 11 clones y sus componentes de la variancia del análisis estadístico, de entre lomos del espesor de la mazorca.

Mazorca clon	1 lectura			5 lectura			Componentes de la Variancia	
	20	40	60	20	40	60	Entre clones	Dentro clones
ICS-6	11.10	7.58	6.12	8.91	6.09	4.92	1.30483	1.04212
ICS-8	18.27	12.47	10.08	17.19	11.74	9.48	1.81265	0.30250
ICS-75	13.11	8.95	7.23	10.36	7.07	5.71	1.09000	0.96525
ICS-89	12.64	8.63	6.97	11.03	7.53	6.08	1.62070	0.69050
ICS-95	13.09	8.94	7.22	11.38	7.77	6.28	1.53569	0.67837
ICS-98	15.46	10.56	8.53	14.97	10.22	8.26	3.42066	0.29300
ICS-100	10.80	7.43	6.00	9.12	6.22	5.03	0.98948	0.58575
SCA-6	10.60	7.24	5.85	7.59	5.19	4.19	0.25584	0.39763
IMC-67	13.50	9.22	7.45	11.69	7.98	6.45	2.33214	1.05612
P - 12	20.43	13.95	11.27	18.82	12.85	10.38	6.59707	1.54200
UF-667	12.24	8.35	6.75	10.28	7.02	5.67	3.40789	1.99525
Promedios	13.75	9.39	7.59	11.94	8.15	6.57	2.21517	0.86804

Al igual que para espesor de lomos (Cuadro Nº 19) este cuadro demuestra también la gran variación del porcentaje de estimación entre cultivares, entre mazorcas y dentro de mazorcas. Al aumentar tanto el número de medidas como el número de mazorcas se consigue hacer bajar, en muchos casos rápidamente el porcentaje de apreciación ('ICS-6', 'ICS-75', 'UF-667', 'SCA-6'). Unos pocos clones ('ICS-8', 'ICS-98', 'P-12'), en cambio mantienen más o menos la misma relación al aumentar las medidas. Se observa aquí que tampoco es constante la variación de cultivar a cultivar por lo cual no se puede hacer generalizaciones.

En el Cuadro Nº 22 se presentan los promedios del espesor de dentro de pares de lomos de la cáscara de la mazorca.

Los análisis estadísticos mostraron para este carácter tendencias similares al espesor de los lomos y de entre lomos (Cuadros Nos. 20 y 18). Hubo diferencias altamente significativas entre clones y dentro de clones, y los coeficientes de variabilidad fueron relativamente bajos.

En el Cuadro Nº 23 se presentan los porcentajes de apreciación del espesor de la mazorca dentro de pares de lomos de 1 y 5 medidas con 20, 40 y 60 mazorcas de los 11 clones examinados.

Este cuadro, igual que para los dos caracteres anteriores (Cuadros Nos. 21 y 19), demuestran la gran variación que hay entre clones respecto a los niveles del porcentaje de apreciación. Se observa que hay mucha variación dentro de cada cultivar, pues en unos casos se gana poco aumentando el número de medidas y en otros, se gana más aumentando el número de mazorcas (cultivares 'P-12' y 'ICS-100' respectivamente). Estas fluctuaciones dependen de las magnitudes de los componentes de variancia de los dos cultivares.

Cuadro Nº 22. Promedio de espesor en mm. de dentro de lomos de la cáscara de la mazorca de 11 clones y 20 mazorcas por clon. Coeficiente de variación y significación.

Clon / Mazorca	ICS-6	ICS-8	ICS-75	ICS-89	ICS-95	ICS-98	ICS-100	SCA-6	IMC-67	P - 12	UF-667
1	10.06	7.26	9.40	9.02	9.34	8.80	8.88	7.70	12.06	10.02	14.08
2	10.14	7.46	9.54	9.54	9.46	9.70	9.20	7.98	12.28	10.04	15.32
3	10.46	7.72	9.62	9.56	9.98	10.04	9.70	8.36	12.68	10.12	16.60
4	10.70	7.92	9.80	9.62	10.02	10.56	10.02	8.36	12.80	10.54	16.62
5	10.70	7.98	9.94	10.50	10.10	10.86	10.06	8.80	12.80	10.72	16.62
6	10.96	8.08	10.16	11.10	10.46	11.20	10.60	8.88	13.12	10.78	16.80
7	11.30	8.08	10.16	11.02	10.52	11.22	10.66	9.12	13.14	11.34	16.86
8	11.42	8.28	10.32	11.40	10.62	11.26	10.72	9.42	13.18	11.60	16.92
9	11.56	8.32	10.34	11.42	10.64	11.44	10.76	9.50	13.50	11.84	17.04
10	11.56	8.38	10.46	11.54	11.42	11.50	11.04	9.50	13.72	12.84	17.42
11	11.60	8.48	10.56	11.64	11.50	11.86	11.26	9.76	14.10	13.46	17.50
12	11.62	8.88	10.60	11.66	11.62	11.86	11.28	9.84	14.68	14.64	17.66
13	11.64	9.02	10.82	11.68	11.90	12.06	11.34	10.10	14.76	14.94	17.80
14	20.04	9.76	10.96	11.70	12.04	12.58	11.42	10.18	15.26	15.04	17.86
15	12.24	10.06	11.10	11.92	12.06	13.30	11.70	10.26	15.96	15.16	18.02
16	12.30	10.54	11.34	12.04	12.08	14.78	11.72	10.30	16.48	15.42	18.22
17	12.34	10.72	11.48	12.22	12.60	14.80	11.96	11.24	16.64	15.84	18.34
18	12.88	10.74	11.66	12.54	12.80	15.12	12.76	11.40	16.90	16.78	18.56
19	13.58	10.74	11.96	12.62	12.96	15.54	12.78	11.44	17.46	17.70	18.88
20	15.06	11.04	12.48	14.88	13.76	16.38	13.62	12.36	18.80	18.18	19.00
Promedio	11.71	8.97	10.64	11.38	11.29	12.24	11.07	9.73	14.52	13.35	17.31
C. V. %	5.08	5.98	5.98	7.90	5.96	6.75	8.99	6.25	4.97	5.54	5.20
Significación	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

Cuadro Nº 23. Porcentaje de apreciación de 1 y 5 lecturas con 20, 40 y 60 mazorcas de 11 clones y sus componentes de la variancia de análisis estadístico del espesor de la cáscara de la mazorca de dentro de lomos.

Mazorca	1 lectura			5 lecturas			Componentes de la Variancia	
clon	20	40	60	20	40	60	Entre mazorca	Dentro mazorca
ICS-6	10.48	7.15	5.78	9.58	6.54	5.28	1.36499	0.35450
ICS-8	13.99	9.55	7.72	13.07	8.92	7.21	1.51205	0.28762
ICS-75	8.92	6.09	4.92	7.39	5.04	4.08	0.62370	0.40462
ICS-89	12.75	8.71	7.04	10.90	7.44	6.01	1.59314	0.80900
ICS-95	11.43	7.80	6.31	10.28	7.02	5.67	1.44921	0.45337
ICS-98	16.95	11.57	9.35	15.98	10.91	8.82	4.23228	0.68390
ICS-100	12.59	8.60	6.95	10.09	6.89	5.57	1.22623	0.99250
SCA-6	12.96	8.85	7.15	11.86	8.10	6.54	1.44476	0.37037
IMC-67	13.19	9.00	7.28	12.51	8.54	6.90	3.66180	0.52100
P - 12	19.48	13.30	10.75	18.92	12.92	10.44	7.17347	0.54737
UF-667	7.74	5.28	4.27	6.39	4.36	3.53	1.23396	0.81125
Promedios	12.77	8.72	7.05	11.54	7.88	6.37	2.31960	0.56686

En el Cuadro Nº 24 se presenta el valor de "p" para discriminar clones y el número de repeticiones necesarias para caracterizar la muestra.

Cuadro Nº 24. Valor de "p" y número de repeticiones necesarias para cada carácter de la mazorca de cacao.

Carácter	Valor de "p"	Número de observaciones
Peso en gramos de la mazorca	1.017	178
Peso de la almendra fresca con pulga gr.	0.673	195
Largo de la mazorca	0.662	37
Diámetro de la mazorca	0.949	20
Relación L/D	0.542	18
Número de almendras por mazorca	0.277	190
Espesor de los lomos en mm.	25.545	*
Espesor de "entre lomos" en mm.	13.842	*
Espesor de "dentro de lomos" en mm.	9.569	*

* No se puede determinar; necesita un estudio individual de cada clon para determinar la muestra.

En el Cuadro Nº 24 puede notarse que, con excepción del número de almendras por mazorca, todas las otras medidas son muy buenas para discriminar clones, especialmente los espesores de la cáscara. Pero, al observar el número de medidas o lecturas que hay que realizar para cada uno de ellos, solamente tres de ellos: la relación L/D, el diámetro y el largo de la mazorca son medidas que se podrían tomar dentro de la práctica.

Discusión

Algunos caracteres de la mazorca, particularmente, tamaño, formas y colores han sido usados como la base de la identificación de cultivares y aún de grupos subespecíficos de cacao.

Los resultados del presente estudio son de interés porque aclaran la importancia relativa de algunos de estos caracteres.

Las diferencias significativas entre clones para largo, diámetro y la relación largo/diámetro indican que estos caracteres son muy válidos para definir cultivares. Su valor resalta cuando se consideran los bajos valores de los coeficientes de variabilidad indicados para variación dentro de un cultivar. Por otro lado el número de muestras necesarias (37, 20 y 18, respectivamente) para su estimación correcta, están dentro de límites razonables. Estos resultados están de acuerdo con los encontrados por Pound (31) quien recomendó el uso de 20 a 30 mazorcas para estimar estas medidas.

Okoloco (26) cree que una muestra seleccionada visualmente de cinco mazorcas, puede caracterizar la relación L/D, lo cual está de acuerdo con la muestra seleccionada visualmente en Trinidad, (Cuadro Nº 13) según la cual solamente es necesario tres mazorcas para caracterizar dicha relación; sin embargo, en una muestra al azar se encontró que el número de mazorcas necesarias debe subir a 20 (Cuadro Nº 24).

Es interesante el valor descriptivo de la relación L/D puesto que es una expresión indirecta de la forma general de la mazorca, la que con una calificación adicional de la forma del cuello y de la punta, y

una estimación del color, harían una adecuada descripción de la mazorca. Esto tendría relación con las denominaciones de "angoleta", "cundeamor", "amelonado" y "calabacillo" usadas en la práctica y en textos.

El color de la mazorca es un dato de mucha importancia cuando se añade a los anteriores. En este trabajo se decidió usar graduaciones de: rojo intenso, rojo claro, verde y blanco para la mazorca inmadura y rojo intenso, rojo claro, amarillo y blanco para las maduras, calificando por separado los lomos y los surcos, diferenciando la uniformidad de los colores.

A pesar de que el peso total de la mazorca, peso de las almendras frescas con pulpa y número de almendras por mazorca, mostraron ser buenas características discriminatorias por ser altamente significativas las diferencias entre clones, el número de medidas necesarias (178, 195 y 190, respectivamente) para una buena estimación, son demasiado altos para recomendarlos como prácticos. Este trabajo no concuerda con los de Ruinard (35) y Glendinning (16) quienes muestrearon 20 y hasta 30 mazorcas respectivamente, sin explicar por qué usaron una muestra tan pequeña.

El número de semillas dentro de una mazorca mostró ser un buen carácter descriptivo, pero los coeficientes de variabilidad muy altos (33.77 y 30.94%) que indican mucha variación entre mazorcas de un mismo árbol y el número elevado de mazorcas (190) necesarias para la muestra adecuada, hicieron que no se adopte este carácter para la descripción. Estos resultados concuerdan con los de Kuppers (23) pero difieren de los de Kaden (21), quien encontró que el número de semillas

de las mazorcas en un mismo árbol y entre árboles no variaban significativamente. Posoblemente este autor trabajó con muestras de una población homogénea genéticamente, y la muestra fue seleccionada. El presente trabajo incluye clones de varios orígenes y sería de esperarse mayores diferencias en poblaciones de origen híbrido. En contraste con este dato tenemos que el número de óvulos por ovario es un carácter muy constante como lo vimos anteriormente al estudiar la flor.

El análisis del espesor de la cáscara de la mazorca en los lomos, entre lomos y dentro de lomos tanto en el estudio inicial como en los clones 'UF-667' y 'P-12' como con los nueve clones de Trinidad (Cuadros Nos. 14, 16, 18, 20 y 22) mostró que esta medida es muy homogénea dentro de la mazorca (por los coeficientes de variación bajos); pero por otro lado, muestra una variación muy alta entre mazorcas con excepción de los clones 'ICS-75', 'SCA-6', 'ICS-6' y 'UF-667'.

Los Cuadros Nos. 17, 19, 21 y 23 indican que el porcentaje de apreciación de estas medidas es extremadamente variable de clon a clon y aún para un mismo clon el margen de variación con diferentes lecturas es muy grande. Sería necesario hacer un estudio por separado de cada clon, debiendo tomar mazorcas de igual grado de madurez. Parece que el espesor de la cáscara se reduce en mazorcas muy maduras, lo que fue observado por Pound (31) quien encontró resultados muy similares.

No se calculó el número de muestras necesarias por la gran variación que hay de clon a clon en el porcentaje de estimación, llegándose a la conclusión de que si se quiere usar este carácter como discriminatorio, se debería calcular la muestra necesaria una vez tomada una muestra provisional para cada clon, lo cual se consideró como poco práctico.

LA ALMENDRA

Materiales y métodos

Pound en 1932 (31) encontró diferencias en algunos caracteres de las semillas dentro de una misma mazorca, lo cual indujo a que se iniciara este trabajo estudiando la variabilidad de varios caracteres de las semillas dentro de mazorcas. Para este fin se seleccionó cinco mazorcas de cada uno de los siguientes árboles de la colección de germoplasma de Turrialba: Clones 'UF-221' e 'ICS-1'; árbol Nº 2 (fila Nº 11) de progenie 'matina'; árbol Nº 2 (fila Nº 18) de progenie 'UF-667'; árbol Nº 4 (fila Nº 8) de progenie 'UF-613'; y árbol Nº 3 (fila Nº 5) de progenie 'UF-667'; excepto los clones, los otros árboles descienden de polinización abierta o desconocida.

De todas las almendras de cada mazorca se tomaron las siguientes medidas: a) largo, b) ancho, c) espesor, d) peso de las almendras frescas sin testa.

Para la toma de medidas se usó una balanza de torsión y un calibrador de presición.

El análisis de variancia se hizo con la siguiente division de grados de libertad.

Total	1006
Clones	5
Mazorcas	24
Error (Almendras)	977

Encontrándose que cinco mazorcas no eran buena muestra, se seleccionó un clon variable, 'UF667' del que se tomaron 20 mazorcas al azar y de éstas también al azar se tomaron 20 almendras que fueron estudiadas en las siguientes características: a) Peso fresco sin pulpa, b) largo, c) ancho, d) espesor. Al mismo tiempo de una muestra semilar del clon CC-41 se estudió el porcentaje de testa. Se hizo los análisis estadísticos como un diseño irrestrictamente al azar y se calculó el porcentaje de estimación como en la flor y la mazorca.

Para comprobación del tamaño de muestra y la variabilidad se tomó en 11 clones diferentes, datos de las características siguientes: a) ancho, b) largo, c) espesor, d) peso de las almendras, frescas y secas sin testa, e) porcentaje de testa y f) porcentaje de pulpa.

Resultados

El promedio de las medidas de las almendras de cinco mazorcas y varios números de semillas por mazorca de seis cultivares se presenta en el Cuadro Nº 25.

Cuadro Nº 25. Promedio del peso, largo, ancho y espesor de las almendras de seis árboles y cinco mazorcas de cada uno, coeficiente de variación y significación.

Arbol	Peso gr.	Largo mm.	Ancho mm.	Espesor mm.	Nº de almendras
UF-221	2.037	21.89	14.17	11.35	173
Matina-11-2	1.806	24.14	13.54	9.55	153
UF-667-18-2	1.817	22.28	14.39	9.84	181
UF-613-8-4	1.947	23.44	15.03	9.29	180
UF-667-5-3	2.205	25.04	14.75	10.30	152
ICS-1	2.051	23.88	14.60	10.87	168
C.V. %	14.40	8.05	7.13	10.89	
Significación	**	**	**	**	

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

Se determinó que cinco mazorcas son una muestra muy pequeña, sin embargo la alta significación de las diferencias entre clones indicaba que estos caracteres podían ser útiles para discriminar cultivares como se comprobó más adelante.

Para mejorar la muestra, se trabajó con 20 mazorcas y 20 almendras de cada una del clon UF-667, cuyos datos promedios se presentan en el Cuadro Nº 26, en este mismo cuadro, se incluye el porcentaje de testa, tomado del clon CC-41 usando el mismo tamaño de muestra.

El análisis estadístico indicó que había diferencias al 1% de probabilidades entre mazorcas en todas las características y que las diferencias entre almendras dentro de mazorcas no eran de importancia a juzgar por los coeficientes de variación bajos, excepto en el peso.

Para conocer la muestra adecuada se confeccionó un cuadro completo y más grande, parte del cual se presenta en el Cuadro Nº 27, en el que aparecen los porcentajes de estimación para todos los caracteres, considerando 10, 15 y 20 mazorcas y 1, 10 y 20 medidas o almendras dentro de cada mazorca.

De acuerdo a este Cuadro Nº 27, la característica más variable es el peso expresado en gramos y tiene una muestra satisfactoria de entre 1 y 10 almendras de 20 mazorcas, el resto de características tienen muestras más pequeñas. Para el ancho por ejemplo, sería suficiente medir 1 almendra en 10 mazorcas.

Como se encontró en el primer estudio que el peso de las almendras era el carácter que estaba limitando la muestra, se estudió cuál sería el número de almendras y el número de mazorcas necesarias de medir para mantener el porcentaje por debajo de 10%. El Cuadro Nº 28 muestra la estimación de ésta y las otras características; también se anota el número de semillas que habría que estudiar para cada caso.

Cuadro Nº 26. Promedio del peso en gramos, ancho, largo y espesor en mm. y porcentaje de testa de 20 almendras tomadas de 20 mazorcas, coeficiente de variación y significación.

Mazorca	Características				
	Peso gr.	Ancho mm.	Largo mm.	Espesor mm.	% de Testa
1	3.1615	16.555	28.675	10.745	6.85
2	3.3095	16.585	28.680	11.195	7.32
3	3.3820	16.775	29.100	11.205	7.61
4	3.4905	16.810	29.315	11.415	8.10
5	3.5475	16.855	29.505	11.415	8.15
6	3.5715	17.020	29.525	11.725	8.33
7	3.6500	17.055	29.875	11.900	8.35
8	3.7195	17.245	29.875	11.915	8.95
9	3.8115	17.310	29.965	11.950	8.96
10	3.8345	17.395	30.105	12.005	9.03
11	3.8395	17.410	30.120	12.030	9.05
12	3.8570	17.450	30.140	12.150	9.49
13	3.8880	17.490	30.140	12.220	9.85
14	3.9390	17.590	30.195	12.310	9.87
15	3.9940	17.705	30.590	12.315	10.31
16	3.9515	17.780	30.710	12.630	10.39
17	4.0300	17.880	30.805	12.745	10.51
18	4.1845	17.975	31.425	12.790	10.68
19	4.2885	18.280	31.970	13.055	10.72
20	4.5250	18.305	31.995	13.350	12.13
Promedio	3.7988	17.374	30.133	12.053	9.18
C.V. %	11.04	5.94	6.56	8.91	6.40
Significación	**	**	**	**	**

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

Cuadro Nº 27. Porcentaje de apreciación del peso, largo y ancho de las almendras del clón UF-667 y porcentaje de testa del clón CC-41, considerando 10, 15 y 20 mazorcas con 1, 10 y 20 almendras por mazorcas.

Mazorcas	10			15			20		
Lecturas Carácter	1	10	20	1	10	20	1	10	20
Peso	19.85	13.07	12.59	15.37	10.12	9.74	12.99	8.55	8.23
Ancho	9.33	4.86	4.28	7.22	3.63	3.31	6.10	3.06	2.80
Largo	10.15	4.68	4.39	7.86	3.78	3.40	6.64	3.18	2.87
Espesor	14.70	8.37	7.87	11.38	6.48	6.09	9.62	5.48	5.15
% de Testa	14.01	10.99	10.80	10.85	8.51	8.36	9.17	7.19	7.07

Cuadro Nº 28. Porcentaje de estimación menor del 10.00% para"peso fresco" y el respectivo para las otras características, y número de almendras que se debe estudiar en cada caso.

Mazorcas	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Almendras	34	12	8	6	5	4	3	3	3
Nº de Semillas	476	180	128	102	90	76	60	63	66
	Porcentaje de estimación								
Peso fresco	9.99	9.99	9.90	9.84	9.72	9.72	9.89	9.56	9.38
Espesor	6.18	6.35	6.41	6.46	6.46	6.54	6.80	6.61	6.44
Ancho	3.31	3.52	3.63	3.72	3.75	3.86	4.07	3.96	3.86
Largo	3.37	3.65	3.80	3.91	3.96	4.09	4.35	4.23	4.06
% de testa	8.65	8.46	8.26	8.08	7.90	7.78	7.75	7.54	7.35

En el Cuadro Nº 28 se ve que el peso fresco no se puede estudiar con menos de 14 mazorcas, lo cual es posible en las otras características. Al aumentar de 14 a 15 mazorcas, el porcentaje bajó considerablemente y se ve que con solamente 12 semillas, se tiene el porcentaje deseado. Se observa que el número de semillas necesarias baja conforme aumenta el número de mazorcas hasta llegar a 3 semillas y 20 mazorcas. Si se disminuye una semilla en cada caso, el porcentaje sobrepasa del 10%. Después de 20 mazorcas no se puede bajar el número de semillas, lo que indica que no se puede estudiar menos de 3 semillas por mazorca, aunque la muestra suba de 20.

Para comprobación adicional del muestreo del largo de las almendras, se seleccionó una muestra de 4 almendras de cada una de 16 mazorcas, del clon 'UF-667'; el objetivo era comparar el porcentaje de estimación verdadero con el teórico, calculado éste, a partir de la muestra de 20 mazorcas y 20 almendras. En base a esta estimación teórica (4.5%), se llegó a tener una estimación verdadera de 6.00% (lo cual dio la seguridad de que la muestra de 3 semillas en 20 mazorcas era en realidad adecuada), se podría esperar que al disminuir el número de observaciones, debía bajar considerablemente el porcentaje de estimación pero el porcentaje encontrado no difirió mucho del teórico por tanto se le consideró satisfactorio.

Una vez determinado el muestreo correcto teórico se aplicó este en el estudio de 10 clones para ver si podía detectar diferencias entre ellos.

En el Cuadro Nº 29 se presentan los valores promedios de 20 mazorcas y 5 almendras de 11 clones de varios orígenes y las respectivas

pruebas de Duncan de: peso fresco, peso seco, porcentaje de testa y porcentaje de pulpa de las semillas.

Cuadro Nº 29. Peso en gramos de las almendras frescas y secas, porcentaje de testa y pulpa promedia por almendra de 10 clones, coeficiente de variación y significación.

Clon	Peso fresco		Peso seco		% de testa		% de pulpa	
UF - 11	3.5203	a*	2.0432	a	5.510	cde	42.723	a
UF - 12	3.5229	a	2.1049	a	4.925	ef	43.260	a
UF - 29	1.5836	d	1.0458	d	5.213	def	40.023	ab
UF - 296	2.1991	c	1.4282	c	5.709	cd	41.054	ab
UF - 667	3.7462	a			9.112	a		
UF - 677	3.5128	a	2.1823	a	4.774	f	43.058	a
CC - 36	2.9173	b	1.6910	b	5.605	cde	40.837	ab
CC - 41			0.8717	de			30.795	c
ICS - 44	2.2969	c	1.3988	c	6.109	c	41.478	ab
SIC - 6	1.2065	e	0.7543	e	7.090	b	32.657	c
IAL - 93	1.3517	de	0.8375	de	6.894	b	39.050	b
C. V. %	14.33		16.92		7.01		5.63	
Significación	**		**		**		**	

* Cualquier promedio con la misma letra no difiere estadísticamente al nivel del 1% de probabilidades. Método de David B. Duncan. Biometrics 11(1):1-42. 1955.

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

El análisis estadístico indicó que habían diferencias altamente significativas entre cultivares en todas las características.

En el Cuadro Nº 30 se presentó el promedio y las respectivas pruebas de Duncan de 20 mazorcas y 5 almendras dentro de cada uno de 11 cultivares en el largo, ancho y espesor de las almendras.

Cuadro Nº 30. Largo, ancho y espesor promedios de las almendras de 20 mazorcas de 10 clones de cacao dado en mm., coeficientes de variación y significación.

Clones	Ancho		Largo		Espesor	
UF - 11	16.806	a*	29.707	ab	12.165	a
UF - 12	17.189	a	29.745	ab	12.015	a
UF - 29	13.048	d	22.961	e	9.108	d
UF - 296	14.435	c	25.956	d	10.084	c
UF - 667	17.294	a	30.150	a	11.878	ab
UF - 677	17.057	a	29.346	a	12.163	a
CC - 36	15.936	b	28.380	bc	11.230	b
ICS - 44	14.271	c	27.351	c	9.833	cd
SIC - 6	11.100	e	21.994	e	8.140	e
IAL - 93	11.927	e	22.608	e	8.177	e
C. V. %	5.00		6.10		7.69	
Significación	**		**		**	

* Cualquier promedio con la misma letra no difiere estadísticamente al nivel del 1% de probabilidades. Método de David B. Duncan. Biometrics 11(1):1-42. 1955.

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

El análisis estadístico mostró al igual que en el cuadro anterior (Nº 29) diferencias significativas (al nivel del 1% de probabilidades), entre cultivares en todas las características de las almendras.

Se calculó el valor de "p" para estas medidas el que se presenta en el Cuadro Nº 31.

Cuadro Nº 31. Valor de "p" en los caracteres de las almendras.

Carácter de la almendra	Valor de "p"
Ancho	9.470
Peso húmedo sin testa	7.015
Peso seco sin testa	5.095
Espesor	4.019
Largo	3.837
Porcentaje de testa	2.197
Porcentaje de pulpa	1.329

Los valores de "p" son muy altos lo que resalta la importancia de todos los caracteres de la semilla para discriminar clones. Por otro lado, el número de repeticiones para todos no es muy alto lo que hace práctico su uso.

Discusión

Otros caracteres de los más comúnmente usados en la práctica para la identificación de cultivares han sido tamaño, forma y color de las semillas. Se ha caracterizado por ejemplo que los cultivares criollos o de origen criollo tienen almendras grandes y redondas, y de colores blancos o violetas claros, mientras que los de origen forastero Amazónico, tienen semillas pequeñas achatadas y moradas.

Los caracteres largo, ancho, espesor y peso fresco, demostraron ser buenos para discriminar clones, pues se obtuvo diferencias altamente significativas entre clones (Cuadro Nos. 25 y 26).

La primera muestra de cinco mazorcas puso en claro que no se pueden estudiar pocos frutos dentro de un árbol pues su variabilidad es grande, en cambio demostró que la variabilidad dentro de la mazorca era pequeña y que por lo tanto no era necesario estudiar todas las semillas dentro de una mazorca.

En los caracteres estudiados en una muestra más grande se encontró que hay un amplio rango de escogencia para llegar a una muestra deseada (Cuadro Nº 28), pues el carácter más variable (peso fresco de las almendras) llena las exigencias del 10% de estimación haciendo variar o el número de mazorcas o el número de almendras requerido. Es claro que entre más mazorcas se estudien será menor el número de almendras total examinadas o viceversa.

En el presente trabajo la muestra mínima requerida para una buena estimación y el menor número posible de almendras estudiado es de 20 mazorcas y 3 almendras de cada una.

En caso de no poder disponer de 20 mazorcas se pueden usar 15, con 12 almendras en cada mazorca, se estima que este es el número mínimo de mazorcas que se debía estudiar puesto que si se quiere estudiar 14, para poder tener un valor menor del 10% de estimación, se necesitan 34 almendras por mazorca, lo cual hace a la muestra muy grande, porque habría que estudiar 476 almendras y además en algunas mazorcas de ciertos clones no se completaría ese número.

Los resultados de este trabajo indican que el tamaño de muestra usado por Glendinning (16) de 4 almendras en cada una de 4 mazorcas, para estudiar largo, ancho y espesor de las almendras y hasta 30 mazorcas para estudiar peso húmedo y número de semilla por mazorca está muy por debajo del mínimo encontrado como adecuado en este trabajo (3 almendras en 20 mazorcas y 190 respectivamente). El presente estudio tampoco está muy de acuerdo con la muestra de Paterson (29) quien toma 200 almendras al azar de un gran montón para caracterizar una población, sin considerar las diferencias entre mazorcas y entre árboles.

Glendinning (16) encontró que el tamaño de semilla era relativamente constante para un árbol, pero que era afectado positivamente por el tamaño de la mazorca y negativamente por el número de semillas en la mazorca. Los datos de este trabajo apoyan esas afirmaciones, pues los coeficientes de variabilidad dentro de clones son relativamente bajos y las diferencias entre mazorcas de un mismo clon son relativamente altos.

El mismo autor (16) propone que el número de semillas por mazorca es un carácter heredable. Este carácter mostró ser bueno para identificar clones pero en muestras muy grandes. El número de semillas por

mazorca está altamente influenciado por el número de granos de polen recibido en la fecundación y los grados de compatibilidad de los árboles entre otros factores; la mejor medida para estudiar este carácter sería el número de óvulos (número potencial de semillas) que ha demostrado ser uno de los más estables en cacao.

El porcentaje de testa y el porcentaje de pulpa parecen ser caracteres útiles pues muestran grandes diferencias entre clones, con el mismo tamaño de muestra y son más discriminativos que algunas características de las flores, hojas y mazorcas (ver Cuadros Nos. 5, 12, 14, 24 y 31).

Aunque no se hiciera un estudio completo comparativo entre las relaciones de las medidas de las almendras y su forma, es evidente que ésta tiene mucho que ver con aquellas, pues del estudio y comprensión de las relaciones se puede tener una clara idea sobre la forma. Seguramente es más apropiado tener en cuenta una medida promedia de la forma que la simple observación y calificación de unas pocas almendras, pues estas pueden estar muy influenciadas por todos los factores anotados anteriormente, lo cual desviaría la verdadera forma promedio (genética) de la almendra.

El color de la almendra es otra característica que puede discriminar clones pues se ha usado comúnmente para diferenciar grupos, o complejos regionales. La herencia del color, después de polinizaciones controladas aunque aún no está bien aclarada, podría ser un medio auxiliar muy efectivo para identificar cultivares.

A este carácter se clasificó en 4 grupos: 1) Morado oscuro, 2) Morado claro, 3) Manchado, 4) Blanco. Para diferenciar el primer grupo

del segundo, se seleccionó un color estandar a partir del cual se clasificaba a las almendras en las dos direcciones ya sea para más oscuro o para más claro. En el tercer grupo se identifican todas aquellas almendras que no tengan colores sólidos, diferenciando si pertenecen al manchado, blanco con morado claro, morado claro con morado oscuro o blanco con morado oscuro. El cuarto grupo recibe todas las almendras que no tengan pigmentación morada.

Hace falta estudios más profundos y concretos que aclaren bien las relaciones de las medidas de las almendras y su utilidad para calificar la forma, pues como en el caso de las mazorcas y de las hojas, las relaciones son medidas más constantes.

CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes del presente trabajo son las siguientes:

1. Teniendo en cuenta el tamaño adecuado de la muestra (medidas de 4 a 32 órganos) se puede utilizar para discriminar clones las siguientes partes de la flor: largo y ancho de los sépalos, largo y diámetro del ovario, largo y ancho de la lígula, largo del estaminoide, largo del pedúnculo floral, largo de las líneas guías exteriores, largo del ribete y número de óvulos por ovario.
2. Por su buen valor para distinguir clones se pueden usar las siguientes carcaterísticas cualitativas de la flor: color del pedúnculo floral, color de la abscisión del pedúnculo floral, color del sépalo, color del estaminoide, color del filamento estaminal, presencia de un punto de coloración entre las tecas, coloración de la lígula, coloración del ovario en la flor recién abierta, coloración de la base del estilo, presencia de cuernos en las líneas guías exteriores, color del botón, color del ribete y presencia de pelos glandulares en los sépalos.
3. Se puede usar para caracterizar las hojas del cacaotero, la relación ancho sobre largo y las medidas de los ángulos apical y basal de la segunda hoja de una rama de la brotación anterior.
4. Para caracterizar una mazorca se puede usar las siguientes características: largo, diámetro, relación largo sobre diámetro, color y otras particularidades como presencia de hombros, forma de punta, rugosidad.

5. Es necesario hacer un estudio individual de cada clon para tener una buena muestra del espesor de la mazorca.

6. Las características de las almendras como: ancho, largo, espesor, peso húmedo sin testa, peso seco sin testa, porcentaje de testa y porcentaje de pulpa, están entre las mejores para caracterizar un cultivar, con una muestra de 12 a 20 mazorcas con una número de almendras que puede variar de 12 a 3, de acuerdo al número de mazorcas; a estos datos se debe añadir otros como forma, color y otras características que complementan una correcta identificación.

RECOMENDACIONES

I. Calificaciones para describir un árbol de cacao en el campo

Observar por lo menos cinco repeticiones de las siguientes partes del árbol:

FLOR:

Color del botón	A* ... B ... C ...
Color del pedúnculo floral	A ... B ... C ...
Color de la base del pedúnculo floral	A ... B ... C ...
Presencia de pelos glandulares en el sépalo	Si ... No ... A ... C ...
Color de la lígula	A ... B ... C ...
Color del estaminoide	A ... B ... C ...
Color del filamento estaminal	A ... B ... C ...
Coloración del ovario: Base	A ... B ... C ...
Apice	A ... B ... C ...
Color del estilo	A ... B ... C ...

MAZORCA:

Color: A ... B ... C ... D ...

Forma: Angoleta ... Cundeamor ... Amelonado ... Calabacillo ...

Tipo genético: Criollo ... Amazónico ... Híbrido ...

Rugosidad: Bien R ... Ligeramente R ... Liso ...

Disposición de los lomos: Pareados ... Simples ...

---

* A = Bien pigmentado de rojo C = Sin pigmentación roja

B = Ligeramente pigmentado D = Blanca

HOJAS:

Apice: Acuminado ... Mucronato ...

Base: Redondeada ... Truncada ... Cordiforme ...

Color del brote terminal tierno: A ... B ... C ...

SEMILLAS:

Con el mayor número posible de semillas, calcular el porcentaje de coloración, fijando el color intermedio para separar el violeta del morado.

Blancas ... %

Manchadas: Blanco con violeta ... % Violeta con morado ...% Total ...%

Violetas ...%

Moradas ...%

Tamaño: Grandes ... Pequeñas ...

II. Calificaciones adicionales de laboratorio para describir un árbol

Para estudiar la flor en un laboratorio bajo un microscopio de disección (Estereo - Microscopio) estime y mida en milímetros las siguientes partes con el número de observaciones respectivo, seleccionando más de 30 flores.

Color de la abscisión A ... B ... C ...

Color del haz del sépalo A ... B ... C ...

Color del ribete A ... B ... C ...

Presencia de cuernos en las líneas guías exteriores Si ... No ...

Presencia de un punto de coloración entre las tecas Si ... No ...

Lígula: ancho (12)* ... mm .

largo (12) ... mm.

Ribete, largo (15) ... mm.

Líneas guías exteriores, largo (10) ... mm.

Sépalo: ancho (20) ... mm.

largo (10) ... mm.

Estaminoide, largo (6) ... mm.

Ovario: largo (15) ... mm.

diámetro (5) ... mm.

Estilo, largo (10) ... mm.

Pedúnculo floral, largo (desde la abscisión a la base del ovario (30) ... mm.)

Número de óvulos por ovario (4) ...

Si puede adquirir entre 20 y 40 mazorcas del árbol o del cultivar puede tomar los siguientes datos: y dar los promedios por unidad:

Largo (40) ... cm.

Diámetro (20) ... cm.

Relación largo sobre diámetro (20) ...

Se 20 mazorcas puede estudiar las siguientes características de las almendras:

Porcentaje de pulpa (20) ...%

Peso húmedo sin testa (3 de cada una de 20 mazorcas o 12 de cada una de 15 mazorcas) ... gr.

---

*( ) = Número de observaciones.

Peso seco sin testa (Idem) ... gr.

Largo (3 de caca una de 10 mazorcas) ... mm.

Ancho (3 de cada una de 8 mazorcas) ... mm.

Espesor (3 de cada una de 10 mazorcas) ... mm.

De 30 hojas tomadas de la segunda posición desde el ápice a la base de un brote maduro (de la brotación anterior) se puede estudiar las siguientes partes:

Angulo de inserción basal (15) ...

Angulo apical (30) ...

Relación ancho sobre largo (15) ...

RESUMEN

Varias Conferencias Interamericanas de Cacao, encargaron al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas hacer un Catálogo Internacional de Cultivares. Para este fin la sección de mejoramiento genético de cacao de Turrialba, Costa Rica, inició un estudio preliminar para determinar la variabilidad en flores, hojas y frutos del cacaotero.

Se estudió la variabilidad dentro y entre cultivares, determinando las características cuantitativas y cualitativas que se podrían usar para descripciones, buscando además el tamaño mínimo de la muestra representativa.

Los trabajos se hicieron de marzo de 1964 a enero de 1965 en Turrialba, Costa Rica y en la Universidad de las Indias Occidentales en Trinidad.

Se usó un total de 79 cultivares representantes de una amplia variabilidad genética y de todas las regiones cacaoteras del hemisferio Occidental.

Al estudiar las flores se encontró que había diferencias marcadas entre los órganos de flores del mismo cojinete pero no entre las diferentes partes del árbol; por tanto, una muestra debe ser tomada de todo el árbol. En todos los casos se puede estudiar en los órganos de la flor, una o dos partes dentro de cada verticilo floral, con excepción del número de óvulos por ovario, en el cual se debe estudiar los 5 lóculos. La mayoría de las características estudiadas mostraron diferencias altamente significativas entre cultivares y mediante una prueba de discriminación se escogió los caracteres útiles para

descripciones. Muchas características cualitativas usadas con las cuantitativas son muy apropiadas para discriminar cultivares.

El largo y el ancho promedio de las hojas no son buenas medidas para diferenciar cultivares por su amplia variación dentro de un mismo árbol; pero la relación largo/ancho o viceversa, los ángulos apical y de incersión basal, con una muestra adecuada son buenos caracteres para discriminar cultivares.

Se estudió la mazorca y las almendras por separado. Se encontró que la relación largo/diámetro de las mazorcas es una buena característica para diferenciar clones; el largo y el diámetro se pueden usar con una muestra numerosa (40 y 20 respectivamente), pero el uso de las otras características no es recomendable debido al número muy alto de medidas necesarias para tener la muestra mínima representativa. Para el espesor de la cáscara de la mazorca se necesita hacer estudios particulares de cada clon para saber si la muestra es o no representativa, pues es una medida muy afectada por el grado de madurez del fruto y es muy difícil homogenizar la muestra en el campo.

Al estudiar las almendras se observó que el peso de la almendra fresca sin testa es la característica más variable y en base a esta se estudió el tamaño mínimo de la muestra. Se encontró que la muestra mínima debía ser de 12 almendras en cada una de 15 mazorcas. Cuando se aumenta el número de mazorcas, decrece rápidamente el número de almendras necesarias dentro de las mazorcas; así, al llegar a 20 mazorcas solamente es necesario estudiar 3 almendras. Se encontró que los siguientes caracteres de las semillas son útiles para discriminar clones: ancho, largo, espesor, porcentaje de testa, porcentaje de pulpa, peso

fresco y seco.

Se concluye que se puede usar la mayoría de caracteres del árbol para discriminar clones de cacao y que el tamaño de muestra adecuada para cada característica es de diferente magnitud, recomendándose solamente aquellas con muestra de tamaños practicables.

SUMMARY

Several Inter-American Cocoa Conferences recommended that the Inter-American Institute of Agricultural Sciences make an International Catalogue of Cocoa Cultivars. The cocoa breeding project at Turrialba, Costa Rica began a preliminary study to determine the variability in the flowers, leaves, pods and seeds of cocoa trees.

The variability within and between cultivars was studied to determine the quantitative and qualitative characteristics that could be used for description. The minimum sample size for each characteristic was also estimated.

This work was done at Turrialba, Costa Rica, and at the University of the West Indies from March 1964 to January 1965.

A total of 79 cultivars, representing a wide genetic range and all cocoa regions of the Western Hemisphere were used.

Studying the flowers, it was found that there were significant differences between the organs of the flowers of one cushion, but not between the different parts of the tree; thus, sampling needs to be made from the entire tree. In every case, one or two organs of a flower within each floral cluster could be studied with the exception of the number of ovules per ovary, in which case the five locules should be studied.

There are highly significant differences between cultivars for the majority of the characteristics studied and, by means of a discriminative test, useful characteristics for descriptions were selected. Many qualitative characteristics used in addition to the

quantitative ones are very appropriate to discriminate cultivars.

The leaf length and width average are not good estimates to differentiate cultivars due to the wide variation within the same tree, but the ration length/width or viceversa, the basal insertion and apical angles with an adequate sample size, are good characteristics to discriminate cultivars.

The pod and beans were studied separately. It was found that the pod length/diameter ratio is a good characteristic to differentiate cultivars; the length and diameter can be used with large samples (40 and 20 respectively), but the use of the other characteristics is not recommended because of the large number of measurements needed to have a minimum sample. In regard to the thickness of the husk of the cacao pod, it is necessary to carry out specific studies of each clone in order to determine whether the sample is representative or not, because: 1) it is a measure which is greatly affected by the ripeness of the pod and 2) it is very difficult to get a uniform sample in the field.

Studying the beans, it was found that the fresh bean weight without testa was the most variable characteristic. On basis of this, the minimum sample size was studied. It was found that the minimum sample should be of 12 beans in each of 15 pods. When the number of pods is increased, the number of beans needed per pod decreases; thus, with 20 pods, it is only necessary to study three beans. It was found that the following bean characteristics are useful for discrimination of clones: width, length, thickness, percentage of testa, percentage of pulp, fresh and dry weights.

It is concluded that the majority of characteristics of a tree can be used to discriminate clones, and that the adequate sample size for each characteristic is of different magnitude. It is recommended to use only the characteristics with manageable sample sizes.

LITERATURA CITADA

1. ALVARADO, R. y BULLARD, E. T. Variation of bean characteristics in hybrid cacao progenies. Proceedings of the Caribbean Region, American Society for Horticultural Sciences 5:105-111. 1961.

2. ASOMANING, E. J. A. y LOCKARD, R. G. Note on estimation of leaf areas of cocoa from leaf lengths data. Canadian Journal of Plant Science 43(2):243-245. 1963.

3. BROOKS, E. R. Vegetative anatomy of Theobroma cacao L. Thesis M.S. Lafayette, Pardue University. 1950. 49 p.

4. _____ y GUARD, A. T. Vegetative anatomy of Theobroma cacao L. Botanical Gazette 113(4):444-454. 1952.

5. CALZADA BENZA, J. Experimentación agrícola con aplicación a la ganadería. Lima, Perú, Ediciones Agro-Ganaderas, S. A. 1953. 360 p.

6. CARACTERISTICAS FLORALES como base de identificación de clones de cacao. Cacao (Costa Rica) 3(6):3. 1955.

7. CONFERENCIA INTERAMERICANA DE CACAO, 7a, PALMIRA, COLOMBIA 1958. Bogotá, Ministerio de Agricultura. s.f. p. 43.

8. CHEESMAN, E. E. Notes on nomenclature, classification and possible relationships of cacao population. Tropical Agriculture (Trinidad) 21(8):144-159. 1944.

9. DEJEAN, M. Floración del cacao. Boletín Informativo del Cacao (Costa Rica) 1(3):1-3. 1948.

10. _____. Some observations of the flowering habits of cacao. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1949. 24 p. (Mecanografiado)

11. DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F test. Biometrics 11(1):1-42. 1955.

12. ERICKSON, A. L. y OECHSLI, L. P. International catalogue of cacao clones. Reunião do Comité Técnico Interamericano de Cacau, 6a, Salvador, Bahia, Brasil, 1956. Salvador, Brasil. 1956? s.p.

13. ESQUIVEL, O. y SORIA, J. Recuento del número de óvulos en diferentes tipos de cacao. Cacao (Costa Rica) 7(3):9. 1962.

14. FEDERER, W. T. Experimental design. Theory and Application. New York, MacMillan. 1963. 544 p.

15. FOWLER, R. L. Características del cacao nacional. Turrialba (Costa Rica) 2(4):161-165. 1952.

16. GLENDINNING, D. R. The inheritance of bean size, pod size and number of beans per pod in cocoa (Theobroma cacao L.) with a note on bean shape. Euphytica 12:311-322. 1963.

17. GNANARATNAM, J. K. Pollination mechanism of cacao flowers. Tropical Agriculturist (Ceylon) 110(2):98-104. 1954.

18. GOODALL, D. W. Note. Diurnal changes in the area of cacao leaves. Annals of Botany (n.s.) 11(44):449-451. 1947.

19. HARTER, L. H. Critical values for Duncan's new multiple range test. Biometrics 6(4):671-685. 1960.

20. INTER-AMERICAN CACAO CONFERENCE, 8th, TRINIDAD AND TOBAGO, 1960. Proceedings. Port-of-Spain, Trinidad, Government Press. s.f. 513 p.

21. KADEN, O. F. Orden de tipos de árboles de cacao para su cultivo y clasificación. Boletín de la Asociación Venezolana de Productores de Cacao 1(4):24-30. 1936.

22. KEMPTHORNE, O. The design and analysis of experiments. London, Wiley, 1952. 631 p.

23. KUPPERS, J. R. Some biometric observations of cacao fruit. Science 117(3040):354-355. 1953.

24. MIRANDA, S. y SILVA, P. Mutaçoes un "Theobroma leiocarpa Bern. var. común". Bahia Rural (Brasil) 7:245-248. 1939.

25. MONTSERRIN, B. G. Notas de hibridación de cacao en Trinidad con referencia a selección clonal y semillas híbridas. (Traducción del Inglés). Algunas notas sobre el cacao híbrido. F.A.I.C.A. Provincia de los Ríos. Guayaquil, Ecuador. 1960.

26. OKOLOCO, G. E. Pod index studies. In West African Cocoa Research Institute, Ibadan, Nigeria. Annual report 1963-1964. Ibadan, Nigeria, 1965? p. 76.

27. OSTENDORF, F. W. Identifying characters for cacao clones. In Reunião do Comité Técnico Interamericano de Cacau, 6th, Bahia, Brasil, 1956. Salvador, Brasil, Instituto de Cacau de Bahia, 1956. pp. 89-110.

28. OSTLE, B. Statistics in research. Ames, Iowa, College Press. 1954. 487 p.

29. PATERSON, A. W. y REED, R. L. Variation in the size of Trinidad cacao beans and methods of its assessment. Tropical Agriculture (Trinidad) 11:252-261. 1934.

30. PATERSON, D. D. Statistical technique in agricultural research. New York, McGraw Hill, 1939. pp. 63-67.

31. POUND, J. F. The genetic constitution of the cacao crop. In Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad. Annual Report on Cacao Research 1:10-24. 1932; 2:9-25. 1933.

32. _____. Criteria and methods of selection in cacao. In Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad. Annual Report on Cacao Research 2:27-29. 1932.

33. _____. A preliminary survey of pigment factors in cacao. In Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad. Annual Report on Cacao Research 3:11-15. 1934.

34. _____ y VERTEUIL, L. de. Studies of fruitfulness in cacao. IV An experiment designed to test the gross effects of applications on nitrogen, potassium and phosphorus on the cacao tree. In Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad. Annual Report on Cacao Research 3:28-32. 1934.

35. RUINARD, J. Variability of various pod characters as a factor in cacao selection. Euphytica 10(2):134-146. 1961.

36. SCHROEDER, C. A. Observations on the growth of cacao fruit. In Conferencia Interamericana de Cacao, 7a, Palmira, Colombia 1958. Bogotá, Ministerio de Agricultura, s.f. pp. 381-394.

37. STEEL, R. G. D. y TORRIE, J. Principles and procedures of statistics. With special reference to the biological science. New York, McGraw Hill, 1960. 481 p.

38. STOCKDALE, F. A. An examination of the type-form of fruit present in the progeny of a single forastero cacao. Compiled from notes prepared for publication by the late H. L. van Booren. Tropical Agriculturist (Ceylon) 71(6):328-342. 1928.

39. SUKHATME, P. V. Teoría de encuestas por muestreo con aplicaciones. Traducción al Español de Ana María Flores y José Nieto de Pascual. 2a ed. México, Fondo de Cultura Economíca, 1962. 495 p.

40. UPHOF, J. C. T. Una importante correlación en la selección del cacao. Hacienda 35(11):419. 1940.

A P E N D I C E

A P E N D I C E

1. LA FLOR

CUADRADOS MEDIOS, DEL ANALISIS ESTADISTICO, DE VARIOS CARACTERES DE LA FLOR

A. Dentro de un cojinete. Con 9 y 40 grados de libertad para flores y error respectivamente.

Caracter F.V.	Largo Lígula	Ancho Lígula	Largo Ribete	Largo Sépalo	Ancho Sépalo
Flores	0.293**	0.153**	0.396**	1.568**	0.052 N.S.
Error	0.062	0.046	0.035	0.072	0.026

Caracter F.V.	Largo líneas Guías exteriores	Largo líneas Guías interiores	Largo Estaminoide	Nº Ovulos
Flores	0.094**	0.184*	0.327**	1.922**
Error	0.015	0.069	0.027	0.430

B. Dentro de una mata. Con los siguientes grados de libertad: Posición 2, (Regresión lineal 1 y Residuo 1), Error experimental 8 y Error de muestreo 60.

Caracter F.V.	Ancho Sépalo	Largo Sépalo	Nº Ovulos
Posición	0.630*	0.955 N.S.	0.375 N.S.
Regresión lineal	1.248*		
Residuo	0.012		
Error experimental	0.132	1.388	2.006
Error de muestreo	0.064	0.159	0.573

* Significativo al nivel del 5% de probabilidades.

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

C. Entre clones con 33 y 306 grados de libertad para clones y error respectivamente.

Caracter F.V.	Largo Sépalo	Ancho Sépalo	Largo Estaminoide	Diámetro Ovario
Clones	12.87**	0.9533**	13.993**	0.0272**
Error	0.27	0.0498	0.153	0.0020

Caracter F.V.	Largo Ovario	Ancho Lígula	Largo Pedúnculo
Clones	0.953**	1.279**	88.82**
Error	0.015	0.038	3.60

D. Entre clones:

I. Con 19 y 180 grados de libertad para clones y error respectivamente.

II. Con 17 y 162 grados de libertad para clones y error respectivamente. (Número de flores por cojín floral en tronco y rama)

Caracter F.V.	Largo líneas Guías exteriores	Largo líneas Guías interiores	Largo Ribete	Largo Lígula
Clones	0,5842**	1,0626**	0,5800**	1,9263**
Error	0,0557	0,1430	0,0989	0,0851

Caracter F.V.	Nº Flores Cojín Tronco	Nº Flores Cojín Rama	Pelos glandulares pedúnculo	Nº Ovulos Ovario	Largo Estilo
Clones	382,32**	47,481**	8.966,46**	71,405**	0,2089**
Error	16,23	4,875	372,04	2,739	0,0141

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

2. LA HOJA

CUADRADOS MEDIOS DE VARIOS CARACTERES DE LAS HOJAS

A. De 10 medidas y en 10 clones "R" de México. Con 9 y 90 grados de libertad para clones y error respectivamente.

Caracter F.V.	Ancho	Largo	A/L	Relación L/A
Clones	817,92*	5.520,40*	0,00144 N.S.	0,1088 N.S.
Error	346,05	2.434,62	0,00101	0,0757

B. De clones de varios orígenes y de 20 medidas, con 10 y 209 grados de libertad para clones y error respectivamente.

Caracter F.V.	Largo	Ancho	Angulo basal	Angulo apical	A/L
Clones	8.687,27**	3.449,39**	8.347,75**	1,313,56**	0,0220**
Error	1.619,92	183,17	346,62	109,39	0,00138

Caracter F.V.	Angulo apical Angulo basal	Largo apical Largo basal	Angulo basal Menos desviado
Clones	0,2011**	0,14029**	4.489,10**
Error	0,0133	0,0259	69,31

C. De diferentes clones en tres posiciones dentro de una brotación.

I. Estudio en conjunto de las posiciones con los siguientes grados de libertad: Posición 2, Clones 4, Interacción P x C 8, y Error de muestreo 135.

Caracter F.V.	Angulo basal	Angulo apical	Relación A/L
Posición	859,71	163,685	0,0008150
Clones	24.444,38**	1.303,455**	0,0145825**
Interacción	288,91	148,562	0,0010862
Error de Mues.	151,21	102,955	0,0008046

* Significativo al nivel del 5% de probabilidades.

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

II. Con 4 y 45 grados de libertad para clones y error respectivamente.

Hoja F.V.	Angulo basal 2a	Angulo basal 3a	Angulo basal 4a	Angulo apical 2a	Angulo apical 3a	Angulo apical 4a
Clones	8.895,33**	9.278,13**	6.848,73**	517,88**	598,58**	484,12**
Error	146,25	169,69	137,69	97,42	109,59	101,85

Hoja F.V.	Largo 2a	Largo 3a	Largo 4a	Ancho 2a	Ancho 3a	Ancho 4a
Clones	4.528,48*	4.133,22*	5.360,77*	682,05*	449,48 N.S.	584,20 N.S.
Error	1.300,05	1.361,02	1.699,57	200,04	216,02	228,43

Hoja F.V.	Media Aritmética 2a	Media Aritmética 3a	Media Aritmética 4a	Media Geométrica 2a	Media Geométrica 3a	Media Geométrica 4a
Clones	2.904,65**	3.287,77**	2.041,57**	2.108,60**	2.295,73**	1.297,33**
Error	49,998	88,35	60,38	54,84	87,30	70,39

Hoja F.V.	Relación A/L 2a	Relación A/L 3a	Relación A/L 4a
Clones	0,006515**	0,00568**	0,00456**
Error	0,000818	0,000859	0,000736

* Significativo al nivel del 5% de probabilidades.

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

3. LA MAZORCA

CUADRADOS MEDIOS DE ALGUNOS CARACTERES DE LAS MAZORCAS

A. Datos de Trinidad de 6 mazorcas por clon, con 13 y 70 grados de libertad para clones y error respectivamente.

Caracter F.V.	Largo	Diámetro	L/D	Lomos	Surcos Dentro	Surcos Entre
Clones	20,57**	2,563**	0,376**	0,096**	0,085**	0,108**
Error	1,65	0,243	0,029	0,032	0,018	0,021

B. Datos de 30 mazorcas de clones UF y CC con 14 y 435 grados de libertad para clones y error respectivamente.

Caracter F.V.	Peso de mazorca UF	Peso de mazorca CC	Peso de mazorca Combinado	Peso almendras frescas UF	Peso almendras frescas CC	Peso almendras frescas Combinado
Clones	567,057**	1.418,389**	1.309,255**	37.765,94**	66.689,30**	63.052,26**
Error	52,787	32,160	41,536	4.367,65	1.813,68	2.974,57

Caracter F.V.	Nº Almendras en mazorca UF	Nº Almendras en mazorca CC	Nº Almendras en mazorca Combinado	Largo UF	Largo CC	Largo Combinado
Clones	476,64**	1.049,01**	769,82**	64,87**	174,40**	128,32**
Error	98,13	69,61	82,57	6,77	5,63	6,15

Caracter F.V	Diámetro UF	Diámetro CC	Diámetro Combinado	Relación L/D UF	Relación L/D CC	Relación L/D Combinado
Clones	10,18**	31,29**	24,26**	0,305**	0,866**	0,606**
Error	1,05	0,63	0,82	0,034	0,036	0,035

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

C. Espesor de la cáscara de la mazorca:

I. Clones UF-667 y P-12 en Entre Lomos y Dentro de Lomos con 27 y 112 grados de libertad para mazorcas y error respectivamente.

II. Clones UF-667 y P-12 en Lomos con 27 y 252 grados de libertad para mazorcas y error respectivamente.

Caracter F.V.	Entre lomos UF-667	Entre lomos P-12	Dentro de lomos UF-667	Dentro de lomos P-12	Lomos UF-667	Lomos P-12
Mazorcas	15,470**	41,845**	9,915**	34,957**	27,298**	91,651**
Error	2,129	1,429	0,832	0,574	1,620	0,885

III. Combinación de clones UF-667 y P-12

a. Dentro y Entre Lomos con 1, 55 y 223 grados de libertad para clones, mazorcas y error respectivamente.

b. Lomos con 1, 55 y 503 grados de libertad para clones, mazorcas y error respectivamente.

IV. Lomos de clones UF-con 14 y 435 grados de libertad para clones y error respectivamente.

Caracter F.V.	Combinación de clones UF-667 y P-12 Dentro	Entre	Lomos	Clones UF Lomos
Clones	1.318,930**	1.577,00**	4.315,680**	73,685**
Mazorcas	22,028**	28,14**	58,357**	
Error	0,706	1,79	1,255	6,200

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

V. Estudio de varios clones

a. Espesor de los Lomos con 19 y 180 grados de libertad para mazorcas y error respectivamente.

Clones F.V.	ICS-6	ICS-8	ICS-75	ICS-89	ICS-95	ICS-98
Mazorcas	21,395**	27,367**	9,151**	24,326**	21,153**	39,300**
Error	0,639	0,689	0,500	0,991	0,616	0,537

Clones F.V.	ICS-100	SCA-6	IMC-67	P-12	UF-667
Mazorcas	18,172**	20,308**	36,678**	82,698**	30,054**
Error	0,841	0,538	0,804	0,907	1,515

b. Espesor de Entre Lomos, con 19 y 80 grados de libertad para mazorcas y error respectivamente.

Clones F.V.	ICS-6	ICS-8	ICS-75	ICS-89	ICS-95	ICS-98
Mazorcas	7,566**	9,366**	6,415**	8,794**	8,357**	17,396**
Error	1,042	0,303	0,965	0,691	0,678	0,293

Clones F.V.	ICS-100	SCA-6	IMC-67	P-12	UF-667
Mazorcas	5,533**	1,677**	12,717**	34,527**	19,035**
Error	0,586	0,398	1,056	1,542	1,995

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

c. Espesor de Dentro de Lomos con 19 y 80 grados de libertad para mazorcas y error respectivamente.

F.V. \ Clones	ICS-6	ICS-8	ICS-75	ICS-89	ICS-95	ICS-98
Mazorcas	7,179**	7,848**	3,523**	8,775**	7,699**	21,845**
Error	0,354	0,288	0,405	0,809	0,453	0,684

F.V. \ Clones	ICS-100	SCA-6	IMC-67	P-12	UF-667
Mazorcas	7,124**	7,594**	18,830**	36,415**	6,981**
Error	0,993	0,370	0,521	0,547	0,811

d. Combinación de los clones

i. Espesor de los Lomos con 10, 219 y 1.970 grados de libertad para clones, mazorcas y error respectivamente.

ii. Espesor de Entre y Dentro de pares de Lomos con 10, 219 y 870 grados de libertad para clones, mazorcas y error respectivamente.

F.V. \ Caracter	Lomos	Entre	Dentro
Clones	1.854,513**	837,081**	543,771**
Mazorcas	28,682**	11,399**	11,609**
Error	0,784	0,878	0,573

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

4. LA ALMENDRA

A. Cuadrados medios de varios caracteres de las almendras de cacao.

I. En 6 árboles, con 5 mazorcas cada uno y todas las almendras dentro de cada mazorca, con 5, 24 y 977 grados de libertad para clones, mazorcas y error respectivamente.

Caracter F.V.	Peso	Largo	Ancho	Espesor
Clones	12,0921**	5,6968**	0,4351**	1,9027**
Mazorcas	0,4367**	0,1851**	0,0514**	0,0617**
Error	0,0464	0,0330	0,0089	0,0120

II. Del clon UF-667 y CC-41, 20 mazorcas y 20 almendras dentro de cada mazorca. Con 19 y 380 grados de libertad para mazorcas y error respectivamente.

Caracter F.V.	Peso	Ancho	Largo	Espesor	% Testa
Mazorcas	2,234**	5,404**	17,081**	8,796**	35,493**
Error	0,175	1,066	3,912	1,152	1,277

III. De varios clones, promedios de 20 mazorcas y 5 almendras de cada una, con 9 y 190 grados de libertad para clones y error respectivamente.

Caracter F.V.	Peso Fresco	Peso Seco	% Testa	% Pulpa
Clones	19,399**	6,074**	44,666**	132,403**
Error	0,137	0,059	0,994	4,799

Caracter F.V.	Ancho	Largo	Espesor
Clones	105,888**	208,329**	52,849**
Error	0,556	2,679	0,649

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

DATE DUE

SEP 2 3 1986

30 JUL 1990

13 AGO 1990

27 AGO 1990

10 SEP 1990

21 SEP 1990

4 OCT 1990

06 OCT 1990

29 ENE 1998

30 OCT 1998

26 NOV 1998