

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA
PROGRAMA DE POSGRADO**

**ESTUDIO DE LA DESCENDENCIA DEL CRUCE INTERCLONAL
DE CACAO "CATONGO x POUND-12" BAJO LAS CONDICIONES
DE TURRIALBA, COSTA RICA.**

**Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico
Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias
Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical
de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de:**

MAGISTER SCIENTIAE

POR:

JORGE RAMON LAINEZ MEJIA

**Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica
1991**

Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

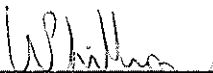
COMITE ASESOR:



Jorge Morera, Ph. D
Profesor Consejero



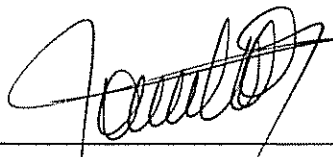
Gilda Piaggio, Ph. D
Miembro del Comité



Wilberth Phillips, M. Sc
Miembro del Comité



Alfredo Paredes, Ing. Agr.
Miembro del Comité



Ramón Lastra, Ph. D
Coordinador, Programa de Maestría



Jorge Ramón Lainez Mejía
Candidato

DEDICATORIA

A "DIOS", por iluminar siempre
mi camino y ser mi fiel amigo.

A mis padres, por todo el amor
que siento por ellos y por que
han dedicado toda su vida al
bienestar y educación de sus
hijos.

A mis hermanos, por brindarme
su amor y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones por las que fue posible la realización de esta investigación.

- Al Dr. Jorge Morera por su valiosa asesoría.
- A la Dra. Gilda Piaggio, M. Sc. Wilbert Phillips y al Ing. Agr. Alfredo Paredes, por brindarme sus conocimientos y sus orientaciones de una manera desinteresada.
- A todos los profesores del CATIE, por sus conocimientos en especial al Dr. Assefaw Tewolde
- A los empleados del Programa de Cacao, por su valiosa colaboración, en especial a: Eddie Salazar, Rafael Rivera, Antonio Mora, Edwin Castillo y Lilian Tortos.
- A los empleados de la Biblioteca Orton y del Centro de Computo del CATIE
- A todos los trabajadores del CATIE, por su amistad durante mi estadía en la institución.
- Al CATIE, por permitirme realizar los estudios de maestría.
- A PROCACAO, por su ayuda financiera durante el último mes de mi permanencia en CATIE.
- Con mi gran aprecio a todos mis compañeros de estudio, con los que viví momentos inolvidables.
- A María Luisa, por brindarme su cariño y apoyo.

BIOGRAFIA

El autor nació en Tegucigalpa, Honduras, el 27 de junio de 1961. Realizó sus estudios secundarios en el Instituto Jesús Aguilar Paz y en el Instituto "Central" Vicente Cáceres, obteniendo el título de Périto Mercantil y Contador Público en el año de 1980.

Realizó estudios superiores en la Escuela Nacional de Agricultura, ENA, ubicada en Catacamas, Honduras, allí obtuvo el título de Agrónomo en 1983. Luego realizó estudios en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, ITESM, en la Ciudad de Monterrey, México, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo en Producción, en el año de 1986.

Laboró como Extensionista Agrícola en el Proyecto Manejo de Recursos Naturales, PMRN, del Ministerio de Recursos Naturales de Honduras en los periodos 1984, y 1987-1989.

Ingreso en septiembre de 1989 al Programa de Estudios de Posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, donde obtuvo el título de Magister Scientiae en 1991.

CONTENIDO

	página
RESUMEN.....	viii
SUMMARY.....	x
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
1. Rendimiento.....	3
1.1 Cruzamiento.....	4
1.2 Componentes de rendimiento.....	6
1.2.1 Número de mazorcas.....	6
1.2.2 Longitud y diámetro de mazorca.....	7
1.2.3 Peso de mazorca.....	7
1.2.4 Número de semillas y número de óvulos...8	
1.2.5 Peso seco y número de semillas.....	8
1.2.6 Índice de mazorca.....	9
1.2.7 Índice de semilla.....	9
2. Resistencia a la mazorca negra (<i>P. palmivora</i>)....	10
2.1 Importancia económica.....	10
2.2 Etiología del agente causal.....	10
2.3 Distribución geográfica.....	11
2.4 Sintomatología.....	11
2.5 Condiciones climáticas.....	12
2.6 Combate.....	13
2.7 Identificación y evaluación de resistencia genética.....	13
2.8 Métodos de inoculación.....	15
3. Autocompatibilidad.....	16
4. Fenología.....	21
4.1 Factores ambientales.....	23
4.2.1 Precipitación y humedad relativa.....	23
4.2.2 Temperatura.....	24
4.2.3 Sombra.....	25
III. MATERIALES Y METODOS.....	27
1. Localización.....	27
2. Material experimental.....	27
3. Rendimiento.....	29
3.1 Análisis estadístico.....	30

4. Resistencia a <i>Phytophthora palmivora</i>	30
4.1 Preparación del inóculo.....	30
4.2 Inoculación artificial.....	31
4.3 Variables medidas.....	32
4.4 Análisis estadístico.....	33
5. Compatibilidad.....	34
6. Fenología.....	36
6.1 Análisis estadístico.....	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	39
1. Rendimiento.....	39
1.1 Componentes de rendimiento.....	42
1.1.1 Número de mazorcas.....	44
1.1.2 Longitud y diámetro de mazorca.....	46
1.1.3 Peso de la mazorca.....	49
1.1.4 Número de semillas y Número de óvulos..	49
1.1.5 Índice de mazorca y peso seco de semilla por mazorca.....	51
1.1.6 Peso seco e índice de semilla.....	52
2. Resistencia a <i>Phytophthora palmivora</i>	54
2.1 Progenitores y descendencia.....	55
2.2 Descendencia.....	60
3. Compatibilidad.....	68
4. Fenología.....	74
4.1 Floración.....	74
4.2 Fructificación.....	80
4.3 Marchitez prematura y mazorca negra.....	84
4.4 Presencia de brotes.....	88
V. DISCUSION GENERAL.....	90
VI. CONCLUSIONES.....	96
VII. RECOMENDACIONES.....	98
VIII. LITERATURA CITADA.....	99
IX APENDICE.....	108

LAINEZ, M. J. 1991. Estudio de la descendencia del cruce interclonal de cacao "Catongo X Pound-12" bajo condiciones de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 125 p.

Palabras claves: Cacao, rendimiento, características de rendimiento, variabilidad, segregación, descendencia, mazorca negra, resistencia genética, compatibilidad, fenología, *Theobroma cacao*.

RESUMEN

Los cruces interclonales de cacao tienden a incrementar la variabilidad genética presente en el cacao, la cual se refleja en aspectos relacionados con el rendimiento, resistencia a enfermedades, compatibilidad y adaptación. Se ha informado que, en los cruces interclonales, pocos árboles sostienen la producción, en tanto que, un gran número de ellos no produce o produce muy poco.

El presente estudio tuvo como objetivo general evaluar, bajo las condiciones de Turrialba, Costa Rica, el comportamiento y la segregación de los árboles del cruce interclonal Catongo X Pound-12, en cuanto a características de rendimiento, reacción a la mazorca negra (*Phytophthora palmivora*), compatibilidad y fenología.

Los árboles de cacao utilizados, forman parte del experimento central "La Montaña", establecido en 1977 bajo dos sistemas de sombra, laurel (*Cordia alliodora*) y poró (*Erythrina poeppigiana*). Este experimento incluye originalmente dos tratamientos (tipos de sombra) y dos repeticiones y consiste en cada tratamiento y repetición de una parcela útil de 32 plantas del cruce interclonal. Adicionalmente se utilizaron los clones progenitores Catongo y Pound-12 ubicados en la Colección de Germoplasma de cacao del CATIE..

Se observó una amplia segregación en todas las características de rendimiento evaluadas. El porcentaje de árboles de baja y muy baja producción fue de 45 % y el de árboles con alta producción de 33 %. No se encontró

diferencia significativa entre los dos tipos de sombra en cuanto al rendimiento.

Al evaluar la reacción de los árboles a la mazorca negra a los 6 y 10 días después de la inoculación artificial, se encontró que la mejor fecha para evaluar los materiales fue a los 10 días. En promedio el cruce fue menos afectado por la mazorca negra que los clones progenitores. Se observó amplia segregación de la resistencia en la descendencia; el 21 % de los árboles mostraron alta resistencia y un 23 % resistencia moderada. No existió influencia del tipo de sombra sobre la reacción al patógeno.

El 48 % de los árboles fueron autocompatibles, con una proporción de 1:1 según prueba de X^2 . Los árboles autocompatibles tuvieron un mejor rendimiento en Kg/ha de cacao seco (1048,8) que los árboles autoincompatibles (823,5).

El patrón fenológico de los árboles tanto de los clones como de la descendencia, fue afectado por los parámetros climáticos, especialmente la temperatura máxima y mínima. La floración, como principal carácter fenológico, se distribuyó durante todo el año, hubo dos "picos" de floración, el primero entre los meses de abril y junio y el segundo (menos intenso) entre los meses de octubre y noviembre.

En resumen, el estudio determinó que 6 árboles, equivalentes al 5 % de la población evaluada, tuvieron alto rendimiento y fueron resistentes a la mazorca negra y autocompatibles por lo que fueron considerados árboles élites. Adicionalmente se separó otro grupo de árboles con caracteres de importancia para futuros programas de mejoramiento genético.

LAINEZ, M. J. 1991. Study of the descendance of the interclonal cocoa cross "Catongo X Pound-12" under conditions in Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 125 p.

Key words: Cocoa, yield, yield characteristics, variability, segregation, descendance, black pod disease, resistance, compatibility, phenology, *Theobroma cacao*.

SUMMARY

Interclonal cocoa crosses tend to increase genetic variability present in the cocoa, which shows up in aspects related to yield, disease resistance, compatibility and adaptation. It is a known fact that very few interclonal cross trees produce well.

This study evaluated behavior and segregation of interclonal cross Catongo X Pound-12 trees for yield characteristics, reaction to black pod disease (*Phytophthora palmivora*), compatibility and phenology under conditions in Turrialba, Costa Rica.

The cocoa trees used, form part of the "La Montaña" Experimental Station, established in 1977 under two shade systems, laurel (*Cordia alliodora*) y poró (*Erythrina poeppigiana*). Originally, this experiment included two treatments (types of shade) and two repetitions, and consisted of each treatment and repetition in a plot with 32 interclonal cross plants. Two parents, Catongo and Pound-12 were also used from CATIE's Germoplasm Collection.

A wide segregation in all of the evaluated yield characteristics was observed. Forty-five percent of the trees showed low and very low production, and 33 % showed high production. There was no significant difference in yield between the two types of shade.

When the reaction of the trees to black pod disease was evaluated at six and ten days after artificial inoculation, it was found that ten days was the best material evaluation date. On an average, the cross was less affected by black pod disease than the parents clones. A wide segregation of

resistance in descendance was observed; 21 % of the trees showed high resistance and 23 % had moderate resistance. The type of shade did not influence the reaction to the pathogen.

Forty-eight percent of the trees were self-compatible, with a proportion of 1:1 according to the χ^2 test. Self-compatible trees showed a greater yield in Kg/ha of dry cocoa (1048.0) than self-incompatible ones (823.5).

The phenological pattern of the clonal as well as the descendent trees was affected by climatic parameters, especially maximum and minimum temperature. Flowering, as the main phenological characteristic, was distributed throughout the year; there were two peaks - the first one between April and June and the second one (less marked) between October and November.

In summary, the study determined that six trees, equivalent to 5 % of the evaluated population had high yield and were resistance to black pod disease and self-compatible, thus being considered elite. Another group of trees was separated out with important characteristics for future genetic breeding programs.

LISTA DE CUADROS

En el texto Cuadro No.	Página
1 Promedios y coeficientes de variación de algunas características de la mazorca de cacao del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....	44
2 Características de rendimiento de los clones Catongo, Pound-12 y el respectivo cruce Catongo X Pound-12. Promedio de 40 frutos. Turrialba, 1991.....	48
3 Prueba χ^2 para compatibilidad de los árboles del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....	70
4 Índice de mazorca, coeficientes de correlación y regresión entre rendimiento y número de mazorcas para árboles autocompatibles y auto-incompatibles del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....	73
5 Promedio de los caracteres fenológicos en los progenitores y el cruce interclonal. Turrialba, 1991.....	80
6 Perfil genético de los clones Catongo y Pound-12 y el cruce entre ambos para las distintas características evaluadas. Turrialba, 1991.....	92
7 Ubicación de los 6 mejores árboles del cruce Catongo X Pound-12, por su rendimiento, resistencia a mazorca negra y compatibilidad. Turrialba, 1991.....	95
En el apéndice	
1A Ubicación en el Experimento Central de los árboles del cruce interclonal Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....	109
2A Cuadrado medio estimado para el peso seco y número de mazorcas de cacao, Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....	110
3A Coeficientes de correlación entre los componentes de rendimiento. Promedio de 40 frutos/árbol de cacao. Cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....	111

4A	Cuadrado medio para el diámetro de lesión de frutos inoculados con <i>P. palmivora</i> y evaluados a los 6 y 10 días. Turrialba, 1991.....	112
5A	Reacción a <i>P. palmivora</i> de los clones Catongo, Pound-12 y el cruce entre ambos. Evaluación a los 6 días. Turrialba, 1991.....	113
6A	Reacción a <i>P. palmivora</i> de los clones Catongo, Pound-12 y el cruce entre ambos. Evaluación a los 10 días. Turrialba, 1991.....	114
7A	Cuadrado medio estimado para la severidad de <i>P. palmivora</i> en el cruce Catongo X Pound-12 a los 6 y 10 días de la inoculación. Turrialba, 1991.....	115
8A	Cuadrado medio estimado para el número de mazorcas y peso seco de cacao, según la compatibilidad del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....	116
9A	Cuadrado medio sobre la fenología de los progenitores Catongo y Pound-12. Periodo 1986-1988. Turrialba, 1991.....	117
10A	Cuadrado medio sobre la fenología de la progenie de Catongo X Pound-12. Periodo 1986-1988. Turrialba, 1991.....	118
11A	Coefficientes de correlación de los caracteres de los clones Catongo y Pound-12 y los parámetros climáticos. Periodo 1986 - 1988. Turrialba, 1991.....	119
12A	Correlaciones entre caracteres fenológicos del cruce Catongo X Pound-12 bajo dos sistemas de sombra y los parámetros climáticos. Periodo 1986-1988. Turrialba, 1991.....	120
13A	Correlaciones entre los caracteres del Catongo y Pound-12. Periodo 1986-1988. Turrialba, 1991....	121
14A	Correlaciones entre caracteres de fenología del cruce Catongo X Pound-12 bajo dos sistemas de sombra. Periodo 1986-1988. Turrialba, 1991....	122
15A	Algunas características de los árboles del cruce interclonal Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....	123

LISTA DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Distribución de árboles de cacao de acuerdo al rendimiento del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....	40
2	Rendimiento de cacao seco bajo dos sistemas de sombra del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....	43
3	Distribución de árboles de cacao de acuerdo al número de mazorcas. Cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....	45
4	Regresión entre peso seco y número de mazorcas de cacao del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....	45
5	Distribución de frecuencias para longitud y diámetro de mazorca. Promedio de 40 mazorcas por árbol.....	47
6	Distribución de frecuencias para peso de la mazorca y peso seco de las almendras. Promedio de 40 mazorcas por árbol.....	50
7	Distribución de frecuencias para el índice de mazorca. Promedio de 40 mazorcas por árbol.....	53
8	Distribución de frecuencias para el índice de semilla. Promedio de 40 mazorcas por árbol.....	53
9	Reacción a mazorca negra (<i>P. palmivora</i>) a los 6 días de la inoculación. Turrialba, 1991.....	57
10	Reacción a mazorca negra (<i>P. palmivora</i>) a los 10 días de la inoculación. Turrialba, 1991.....	57
11	Reacción de los clones y su descendencia a mazorca negra (<i>P. palmivora</i>) a los 6 y 10 días de la inoculación. Turrialba, 1991.....	58
12	Reacción de 52 árboles de cacao del cruce Catongo X Pound-12 a la mazorca negra (<i>P. palmivora</i>) a los 6 y 10 días.....	61
13	Distribución de los árboles de acuerdo a su reacción a la mazorca negra (<i>P. palmivora</i>) a los 6 días de la inoculación del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....	63

Figura No.	página
14	Distribución de los árboles de acuerdo a su reacción a la mazorca negra (<i>P. palmivora</i>) a los 10 días de la inoculación del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....63
15	Cambio en la reacción a la mazorca negra (<i>P. palmivora</i>) a los 6 y 10 días después de la inoculación. Turrialba, 1991.....65
16	Distribución de los árboles de cacao de acuerdo a la compatibilidad del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....69
17	Número de mazorcas sanas de cacao según compatibilidad del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....71
18	Rendimiento de cacao según compatibilidad del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.....71
19	Patrón de floración de los clones progenitores, precipitación y humedad relativa. Turrialba, 1991.....75
20	Patrón de floración de los clones progenitores y temperatura. Turrialba, 1991.....75
21	Patrón de floración de la descendencia bajo dos sistemas de sombra. Turrialba, 1991.....76
22	Número de frutos pequeños en los clones progenitores. Promedio de 20 árboles. Turrialba, 1991.....82
23	Número de frutos pequeños en la descendencia bajo dos sistemas de sombra. Turrialba, 1991.....82
24	Frutos de cacao con madurez fisiológica. Promedio de 20 árboles. Clones progenitores. Turrialba, 1991.....83
25	Frutos de cacao con madurez fisiológica bajo dos sistemas de sombra. Descendencia. Turrialba, 1991.....83
26	Frutos de cacao con marchitez prematura. En 20 árboles. Clones progenitores. Turrialba, 1991.....85
27	Frutos de cacao con marchitez prematura bajo dos sistemas de sombra. En 20 árboles. Descendencia. Turrialba, 1991.....85

Figura No.		página
28	Agrupación de los árboles por sus cualidades en rendimiento, reacción a mazorca negra y compatibilidad. Turrialba, 1991.....	94

I. INTRODUCCION

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie que presenta una gran variabilidad genética, favorecida por su condición de planta alógama y la presencia del fenómeno de incompatibilidad.

Los cruces interclonales tienden a incrementar esta variabilidad, la cual se refleja en muchos aspectos relacionados con el rendimiento, aspectos fenológicos, compatibilidad y resistencia a enfermedades. Con respecto al rendimiento se ha informado de la variabilidad en cuanto a la producción de los árboles individuales, indicando que pocos árboles son los que sostienen la producción de la población en tanto que un gran número de ellos no produce o produce muy poco.

En muchos trabajos de investigación se ha mostrado la capacidad potencial promedio de producción de algunas progenies de cruces interclonales; sin embargo, se han hecho muy pocos estudios de segregación de estos materiales. Por lo que, es necesario cualquier esfuerzo que pretenda conocer como se segregan caracteres tan importantes como son aquellos relacionados con la producción, la resistencia a enfermedades y la compatibilidad; además conocer aspectos fenológicos de los materiales.

Estos estudios, adicionalmente, pueden permitir la selección de individuos élites, que presenten varias características deseables, para ser incorporados dentro de programas de mejoramiento genético.

Tomando en cuenta los aspectos mencionados anteriormente se diseñó este estudio con los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Evaluar el comportamiento de una población de árboles de cacao del cruce interclonal Catongo X Pound-12 en cuanto a los caracteres de rendimiento, reacción a la enfermedad mazorca negra (*P. palmivora*), compatibilidad y fenología.

Objetivos específicos:

- Estudiar la variabilidad de la población de árboles y determinar la segregación de algunos factores de rendimiento.

- Evaluar la reacción y severidad de la mazorca negra en los árboles padres Catongo, Pound-12 y el respectivo cruce interclonal Catongo X Pound-12.

- Estudiar la segregación en el cruce interclonal respecto a la compatibilidad de la población.

- Estudiar y relacionar el comportamiento fenológico de los clones y su progenie; así como la influencia del clima y la sombra de poró y laurel sobre el cruce interclonal bajo las condiciones de Turrialba.

II. REVISION DE LITERATURA

1. Rendimiento

El cacao es una planta alógama, favorecida por la estructura de la flor y por el sistema de incompatibilidad presente en algunas poblaciones. Este factor provoca gran variabilidad en los caracteres de los árboles provenientes de semilla. La gran variabilidad de los caracteres es una ventaja; ya que se incrementa la posibilidad de encontrar genotipos élitos y la posibilidad de cambiar la frecuencia de ciertos genes mediante el cruzamiento (Ruinaud, 1961). Pero presenta la desventaja de que algunos genotipos no producen o tienen una producción muy baja.

La variabilidad se manifiesta especialmente en el rendimiento de los árboles, pero son evidentes también en el color, tamaño y forma de las mazorcas y de las almendras, en el vigor y desarrollo de los árboles, en la resistencia a plagas y enfermedades; y en muchos otros caracteres de la planta (Barros, 1972).

Los dos métodos principales utilizados en el mejoramiento del cacao incluyen la selección de árboles élitos individuales y la producción de familias sexuales mediante polinización abierta y/o controlada y posterior selección de aquellos con alto rendimiento, calidad y adaptación (Hardy, 1961).

Cheesman y Pound (1934), fueron los pioneros en la selección de materiales genéticos de cacao por su alto

rendimiento. Estos autores establecieron ciertos criterios de selección como el índice de mazorca e índice de semilla para seleccionar árboles individuales y poblaciones de árboles de cacao.

Bartley (1971), indica que el uso de la variabilidad genética presente en el género cacao para la obtención de cultivares, ha sido limitado con relación a la variabilidad potencial de esta especie.

Jacob y Atanda (1975), indican que el rendimiento es el principal interés del fitomejorador y por ende del agricultor. El rendimiento está en función del número de mazorcas producidas por árbol, el número de semillas por mazorca y el peso seco promedio de las almendras obtenidas por mazorca.

1.1 Cruzamiento

En cacao, la palabra cruce se puede definir como la planta obtenida por cruzamiento entre dos genotipos heterocigotas, perteneciente a diferente especie, género, clon, cultivar, población, etc. (Reyes, 1985).

El vigor híbrido o heterosis es el fenómeno en virtud del cual la cruce F₁ entre dos genotipos produce una progenie que puede ser superior en tamaño, rendimiento o vigor general. Algunos investigadores hablan de heterosis cuando la F₁ es superior en vigor al promedio de los progenitores; otros consideran como una manifestación de heterosis cuando la F₁ es superior al vigor del progenitor más vigoroso y por

consiguiente tiene mayor importancia económica (Robles, 1986).

La heterosis es mayor en la F₁ cuando los progenitores son más homocigotas y en donde los individuos de la F₁ son idénticos genéticamente. Cuando el cruzamiento se hace con individuos heterocigotas también se ha encontrado heterosis, pero en menor grado y la F₁ es tan variable como cualquiera de los progenitores. (Reyes, 1985).

Soria (1964), comprobó la existencia del vigor híbrido o heterosis en cacao al cruzar padres de orígenes diferentes; lo cual se traduce en altas producciones y alto vigor de las plantas desde temprana edad.

Esquivel y Soria (1967), al estudiar la variabilidad de los componentes de rendimiento dentro de poblaciones híbridas, comparado con progenies de polinización abierta, encontraron que las progenies híbridas rindieron de tres a cuatro veces más que las progenies de polinización abierta. Estos autores agregan que la alta capacidad de rendimiento de los cruces interclonales se relaciona con la presencia de un alto porcentaje de individuos de alta producción desde temprana edad.

Soria y Esquivel (1968), encontraron que el cruce Catongo X Pound-12 en "La Lola", Costa Rica, alcanzó un rendimiento de 1551 Kg/ha de cacao seco; mientras que su recíproco rindió 1934 kg/ha. Asimismo, Enríquez y Paredes (1981) señalan un rendimiento de 1599 Kg/ha/año para el cruce Pound-12 X Catongo.

Morera y Mora (1991) encontraron que en Turrialba el cruce Catongo X Pound-12 produjo un promedio de 750,4 kg/ha/año desde 1979 a 1989 de evaluación, tomando en cuenta los registros a partir del segundo año de producción.

Soria, Ocampo y Páez (1973), indicaron que los clones Catongo y Pound-12 poseen una alta habilidad combinatoria general por lo que se incluyeron en la producción de semilla híbrida del CATIE.

1.2 Componentes de rendimiento

1.2.1 Número de mazorcas

Cheesman y Pound (1932) opinan que en cacao, el número de mazorcas no es una medida exacta del rendimiento, debido a que las mazorcas de algunos árboles producen más cacao que las de otros árboles. No obstante, Esquivel y Soria (1967) en un experimento con cruces interclonales de cacao, encontraron que el número de mazorcas es una medida confiable de la capacidad de producción; de acuerdo con sus resultados se podría recomendar su uso en la evaluación preliminar de rendimiento, ya que encontraron, en todas las progenies estudiadas, una correlación promedio de 0,95 entre el peso seco de la semilla y el número de mazorcas por árbol.

Morera y Mora (1991) al estudiar el cruce Catongo X Pound-12 encontraron un promedio de 16,6 mazorcas por árbol.

1.2.2 Longitud y Diámetro de Mazorca

Engels (1986), al revisar información sobre algunas cruzas entre clones amazónicos encontró que existe una amplia variación respecto al tamaño de las mazorcas por árbol; asimismo, observó gran variación en el número de semillas por mazorca, permaneciendo el tamaño de las semillas relativamente constante.

Esquivel y Soria (1967), mostraron que el tamaño de mazorca grande parece estar controlado por factores dominantes, debido a la tendencia de agruparse la mayor frecuencia de las cruzas interclonales cerca de los valores de los progenitores con tamaño de mazorca grande.

1.2.3 Peso de mazorca

El peso promedio de la mazorca de una progenie parece estar determinado por el tamaño y número de semillas (Glendinning, 1960).

En un estudio realizado con varias cruzas interclonales de los progenitores SCA-6, Pound-7, Catongo y algunos UF, se determinó que los mayores peso promedio del fruto se obtuvieron al cruzar Catongo con los clones UF (Carletto 1979).

Kuppers (1952), encontró una correlación significativa del peso seco del fruto con el peso seco de la semilla individual y con el número de estas por fruto de 0,59 y 0,86 respectivamente.

Ruinard (1961), sugirió que el tamaño de la semilla es un carácter de importancia secundario debido a que en la industria lo que importa es el peso de la semilla. Este autor encontró una correlación entre el peso de la mazorca y el peso seco de las semillas de 0,71 y con el número de semillas de 0,17.

1.2.4 Número de semillas y número de óvulos

El número y peso de las semillas por mazorca de cacao representa el componente de mayor valor del rendimiento y muestra una alta variabilidad como resultado del proceso de polinización natural. El número de semillas por fruto depende del número de gametos masculinos que se fusionan con los gametos femeninos en los óvulos del ovario (Jacob y Toxopeus, 1971).

López (1984), encontró muy poca relación entre el número de semillas y el número de óvulos. Pound (1932) por su parte concluyó que no es muy adecuado seleccionar genotipos con base en el número de semillas por fruto.

1.2.5 Peso seco y número de semillas

Bartley (1971), demostró que el peso de la semilla está determinado por el progenitor hembra. No obstante, Jacob y Toxopeus (1971), encontraron que el progenitor macho también tiene un efecto sobre éste carácter. Ruinard (1961) encontró una correlación del peso seco de cacao con el número de semillas de 0,43.

1.2.6 Índice de mazorca

Esquivel y Soria (1967), indican que el índice de mazorca es la medida indirecta del tamaño de las mazorcas en función de su peso seco. El control genético de éste carácter parece ser de tipo cuantitativo.

El índice de mazorca en cacao es un carácter muy afectado por factores internos de la planta tales como la edad, la localización de la mazorca en el árbol, factores externos del suelo y varios factores climáticos (Soria, 1966).

Cheesman y Pound (1934) puntualizan que un promedio de 30 mazorcas por árbol es suficiente para estimar el índice de mazorca. Este número es muy alto y no todos los árboles en edades tempranas pueden completar las 30 mazorcas durante un año de producción. Es posible, determinar el tamaño de la muestra apropiada para obtener el índice promedio y el límite de variabilidad en cada población.

1.2.7 Índice de semilla

Este índice expresa el peso seco promedio de una semilla. Al igual que el índice de mazorca, existe una amplia variabilidad en el índice de semilla para algunas poblaciones de cacao trinitario; pero es menor para algunos genotipos forasteros. Para el índice de semilla se ha recomendado un límite mínimo comercial de 1 g promedio por semilla seca (Soria, 1966).

Generalmente, los clones "escavina" tienen peso muy bajo de semilla; mientras que el peso de semilla de los tipos trinitarios es muy alto; por su parte, la semilla del tipo amelonado es considerada como estándar, usualmente con un rango entre 0,9 y 1,3 g (Atanda y Jacob, 1975).

2. Resistencia a la mazorca negra (*Phytophthora palmivora*)

2.1 Importancia económica

El género *Phytophthora* ataca una gran cantidad de plantas incluyendo frutos, nueces, vegetales, oleaginosas (Chee, 1974).

La producción de cacao a nivel mundial sufre pérdidas anuales de entre el 20 y 30%, debidas a la mazorca negra (Gregory, 1972). Esto significa que si la producción mundial por año es de 2,4 millones de TM de cacao (ICCO, 1991), las pérdidas por ésta enfermedad ascenderían entre 478.200 y 717.300 TM de cacao. Algunos autores indican pérdidas de hasta un 60 % en la producción por ésta enfermedad.

2.2 Etiología del agente causal

Zentmyer (1987), indica que entre cuatro y posiblemente cinco especies de *Phytophthora* pueden causar la mazorca negra en cacao: *P. palmivora*, *P. megakarya*, *P. capsici*, *P. citrophthora* y *P. megasperma*.

Sreenivasan (1987), señala que para reclasificar las especies de *Phytophthora* asociadas con enfermedades en cacao, se ha seguido el criterio taxonómico para los caracteres morfológicos, citológicos y culturales.

El hongo posee mucha variabilidad genética y las nuevas razas de *Phytophthora* pueden estar relacionadas con el desarrollo de resistencia a pesticidas y el rompimiento de resistencia de algunos cultivares mejorados (Gregory y Maddison, 1981).

2.3 Distribución geográfica

Sreenivasan (1987), establece que *P. palmivora* es cosmopolita en cuanto a la distribución y que *P. magakarya* y *P. capsici* están restringidas a los países del Oeste de África y del hemisferio occidental. Luna (1987) señala que hay indicaciones de que *P. capsici* probablemente predomina en Brasil en las áreas de Bahía y Noreste de Espírito Santo. Además, ha sido encontrada en El Salvador y otros países de América Central, sin embargo, en esta región la especie más importante es *P. palmivora*.

2.4 Sintomatología

P. palmivora es capaz de producir varios daños en la planta, incluyendo cáncer del tronco, necrosis de la hoja y peciolo, tizón de la semilla y podredumbre de los botones florales. Sin embargo, su mayor daño se produce en los frutos (Chee, 1974).

En el fruto la enfermedad se distingue porque causa una pequeña lesión circular de color café en la superficie de la mazorca. La mancha crece rápidamente y puede cubrir la superficie de la mazorca entera en 7 a 10 días. Sobre la lesión se producen los signos del hongo caracterizados por un micelio blanco superficial y poco compacto. De 2 a 3 semanas después de que la primera mancha aparece, todo el contenido de la mazorca se pierde; pero si la mazorca es atacada cuando está próxima a madurarse, ésta puede ser cosechada (Gregory, 1972).

2.5 Condiciones climáticas

La incidencia de la mazorca negra o el desarrollo de la epifitía es afectada por el clima. Las pérdidas más grandes pueden ser esperadas durante la estación lluviosa, que es también la estación más fría; es decir cuando existe una adecuada cantidad de agua, alta humedad relativa y temperaturas favorables para el patógeno. Estos factores favorecen la distribución y desarrollo de *P. palmivora*.

Se ha encontrado que la incidencia de la enfermedad varía de acuerdo con el número de mazorcas por árbol. (Friend, 1972; Rodríguez, 1987).

Lee y Varghese (1974), al estudiar in vitro cinco especies de *Phytophthora*; encontraron que los principales factores que tuvieron influencia sobre la producción y germinación de esporangios fueron: el agua, la luz, la temperatura, el aire, y el substrato. La temperatura óptima

para la producción de esporas fue de 25 y 30 °C y para la germinación de 28 °C. Temperaturas de 6 °C durante 25 minutos favorecieron la producción de zoosporas.

2.6 Combate

La pérdida de cacao debido a *P. palmivora* puede ser reducida por métodos culturales y por el uso de fungicidas. Sin embargo, éstas prácticas, especialmente la aplicación de fungicidas son frecuentemente costosas, particularmente cuando los precios del cacao están bajos. (Lawrence, 1978).

Las desventajas del uso de combate químico ha hecho que los centros experimentales se aboquen a la búsqueda de material resistente a ésta enfermedad; con el fin de aprovechar genotipos valiosos incluyéndolos en los programas de mejoramiento genético (Enríquez y Soria, 1977).

Gregory (1972), recomienda hacer uso de combate integrado incluyendo variedades mejoradas resistentes, aplicación de fungicidas y métodos culturales.

2.7 Identificación y evaluación de resistencia genética

Se han encontrado varios materiales resistentes en muchos lugares; sin embargo existen algunas divergencias en cuanto a los resultados, quizás por la metodología utilizada, por la existencia de diferentes razas patogénicas o por la región en la que el estudio fue realizado (Gregory, 1972).

Se ha discutido mucho acerca de la diferencia existente entre seleccionar un cultivar o un árbol bajo condiciones de infección natural o utilizando inoculaciones artificiales.

Firman y Vernon (1970), sugieren que la diferencia en la respuesta de los árboles al patógeno bajo condiciones naturales, puede ser debida a un escape a la enfermedad o al resultado de una reacción diferente del árbol en forma individual. De ahí que estos autores creen que la inoculación artificial permite discriminar de una mejor forma los árboles susceptibles.

En estudios de campo sobre infección natural, Enríquez y Salazar (1987) encontraron que el Catongo mostró resistencia. Asimismo, Lawrence y Luz (1987) afirmaron que en Bahía el Catongo y varios tipos de este clon fueron resistentes.

Lawrence (1978), utilizando un método de inoculación artificial sobre las mazorcas en el árbol, encontró que el material con mayor grado de resistencia fue el Catongo y como moderadamente resistente al Pound-12. Esquivel (1973) clasificó al Catongo como resistente, no así Rodríguez (1983), quién encontró lo contrario.

Zentmyer, Mircetich y Mitchell (1968) encontraron al Catongo como resistente y al Pound-12 como susceptible. Estos resultados fueron similares utilizando datos de infección natural e inoculación artificial.

Se han realizado estudios de las progenies de algunos clones con el fin de obtener las mejores cruzas para resistencia a *Phytophthora*. Soria y Esquivel (1970), en

ensayos de campo encontraron que los cruces con un padre resistente mostraron los menores porcentajes de infección. El cruce Catongo x Pound-12 y su recíproco mostró infección moderada. En las demás cruces en que participó el Pound-12 se observó un alto porcentaje de infección. Enríquez y Salazar (1987) encontraron que la progenie de cruces utilizando Catongo fue más resistente cuando este actuó como árbol madre.

2.8 Métodos de inoculación

Para realizar la inoculación artificial de *P. palmivora* se han utilizado métodos que incluyen inoculación de mazorcas separadas de los árboles (Enríquez y Salazar, 1987); mazorcas inoculadas directamente en el árbol (Lawrence, 1978; Phillips y Galindo, 1989); inoculación de las semillas (Sreenivasan y Persad, 1982); inoculación de tallos y raíces (Zentmyer, Mircetich y Mitchell, 1968); plántulas de polinización abierta y provenientes de ramillas; ramas inoculadas directamente en el árbol; e inoculación a las hojas. Los resultados han sido en muchos casos contradictorios. Falta hacer estudios genéticos más amplios para tener una mejor idea del sistema hereditario en cacao (Lawrence, 1978).

Se ha encontrado que al realizar heridas artificiales, se altera la fisiología normal de los frutos, lo mismo sucede cuando los frutos son separados del árbol; ocasionando un cambio en la respuesta del árbol durante la evaluación (Enríquez y Salazar, 1987).

Phillips y Galindo (1989), evaluaron cuatro métodos de inoculación para *P. palmivora* en frutos de cacao. El método más adecuado consistió en la inoculación de frutos de 5 meses de edad con una suspensión de zoosporas. Seleccionaron una concentración de 150.000 zoosporas por ml y una duración máxima de inoculación en el campo de 30 minutos.

Se han utilizado diversos parámetros para medir la resistencia; pero los más utilizados ha sido la incidencia y el diámetro de la lesión a los seis días después de la inoculación (Phillips y Galindo, 1989).

3. Compatibilidad

El conocimiento sobre la compatibilidad de los genotipos en cacao es un requisito indispensable para la instalación de plantaciones comerciales y/o para trabajos de mejoramiento genético (López, 1982). Existen áreas en donde por diversos factores, las poblaciones de insectos polinizadores son escasas; los niveles de polinización cruzada decrecen; haciendo que las poblaciones de cacao con incompatibilidad resulten menos productivas por la falta de la autopolinización y/o polinización cruzada.

Se ha encontrado que los cultivares básicos de cacao, los forasteros del Amazonas y los criollos de Centro América tienen niveles de segregación para el carácter de compatibilidad (Bartley y Cope, 1973).

Las primeras investigaciones en Trinidad, en las poblaciones de cacao local mostraron que todos los árboles

con autocompatibilidad fueron compatibles con otros árboles del mismo carácter y otros árboles autoincompatibles. Los árboles autoincompatibles fueron incompatibles al cruzarse con otro árbol autoincompatible. Cruzas entre árboles autocompatibles por árboles autoincompatibles dieron similar proporción de progenies. Al introducir árboles forasteros del Perú y del Ecuador se encontró que los árboles autoincompatibles de éstas introducciones se podían cruzar con árboles autoincompatibles de las mismas introducciones y con otros árboles locales (Bartley y Cope 1973).

Knight y Rogers (1955), estudiaron el sistema de apareo de las progenies de algunas cruzas de árboles autoincompatibles por autoincompatibles. Este estudio permitió postular que la incompatibilidad en *Theobroma cacao* era controlada esporofíticamente por la acción de una serie de alelos múltiples (S) de un locus simple. Estos alelos S mostraron dominancia e independencia y era lo mismo en el macho como en la hembra donde $S_1 > S_2 = S_3 > S_4 > S_5$ y el recesivo S_6 que determina compatibilidad.

Cope (1962), encontró que la cruce entre dos progenitores autocompatibles produjo descendencia totalmente autoincompatible, lo cual no podía ser explicado por el sistema multialélico de Knight y Rogers (1955). Por esta razón, propuso la acción de otros dos loci para explicar el resultado y que se anota a continuación: la incompatibilidad en cacao está controlada por tres loci independientes, que muestran una relación complementaria. Uno de los tres loci es

el locus S y los otros dos loci designados A,a y B,b, los que producen una sustancia precursora no especificada para incompatibilidad. Esta sustancia actúa sobre el locus S, dándole propiedades específicas que provocan la no fusión de los gametos en el saco embrionario. Estos precursores A y B, en forma dominante activan los alelos de "S" existentes en el óvulo; y no se expresan si alguno de estos alelos es recesivo (Cope, 1962).

De acuerdo con ésta teoría, una autopolinización compatible, indica que los alelos del gen "S" son S_0 o que alguno de los genes complementarios es recesivo. Una autopolinización incompatible, indica que el material no es de fórmula S_0 y que los alelos del gen "S" están activados por la sustancia producida por los genes dominantes A y B (Terreros, Chavarro y Ocampo, 1976).

Un cruce compatible indica que en el genotipo no domina el mismo alelo del gen "S" que se presenta en el material con el cual el cruce fue exitoso. Un cruce incompatible indica que el material estudiado presenta el mismo alelo del gen "S" que domina en el material con el cual el cruce no tuvo éxito (Terreros, Chavarro y Ocampo, 1976).

Coral y Soria (1972), propusieron otra teoría para explicar el fenómeno de la herencia de incompatibilidad en cacao. Encontraron un grado variable de autocompatibilidad (50 y 75 %) en los clones estudiados y afirmaron que se podía esperar la existencia de individuos 100 % autocompatibles. Para explicar este fenómeno, estos autores modificaron la

teoría de Knight y Rogers (1955), sugiriendo que las cruzas autocompatibles podrían dar valores de 50, 75 y 100 % debido a la adición de dos pares de genes complementarios X y Z, los cuales se segregarían independientemente. Estos genes serían similares a los propuestos por Cope (1962), pero actuando como modificadores y no como productores de un sustrato para que los alelos S se pudieran manifestar. En un estado recesivo $xxzz$, los genes modificadores dejarían de actuar, importando solamente los efectos de los alelos S. Un valor de 75 % de fecundaciones en las autopolinizaciones sería dado por la presencia de genotipos $XxzzS_{oo}$, y uno de 50 % con un genotipo probable de $XXzzS_{oo}$ o $xxZZS_{oo}$.

Carletto y Soria (1973), probaron las tres teorías expuestas anteriormente y concluyeron que no se encontró comprobación genética para la propuesta de Coral y Soria (1972), de la existencia de grados de autocompatibilidad en *T. cacao*, tampoco para la de Cope (1962) en la fusión y no fusión de óvulos y que la mejor explicación del fenómeno era hecha por el método de Knight y Rogers (1955).

Edwards (1973) al estudiar el efecto de la polinización manual sobre clones amazónicos en Ghana, encontró altas tasas de producción de frutos. Asimismo, Lockwood (1977) estudió el efecto de la autoincompatibilidad y la incompatibilidad cruzada sobre el rendimiento en cacao amazónico X trinitario. Este autor encontró que en descendencias donde la mitad de los árboles fueron autocompatibles, hubo indicaciones de que estos árboles producían más que los árboles auto-

incompatibles. Además, los árboles autocompatibles fueron más precoces que los incompatibles de la misma descendencia. Sin embargo, no encontraron variación en cuanto a las características de la mazorca.

Enriquez y Cabanilla (1969), al estudiar plantaciones de cruces interclonales en Ecuador con problemas de producción, encontraron que no existían problemas de incompatibilidad en la plantación, donde el 50 % de los árboles se podía cruzar con el 50 % restante. Además el porcentaje de mazorcas fue bastante alto al efectuar polinizaciones controladas, por lo que el problema debió ser entomológico más que fisiológico.

Martin (1982), encontró que la baja productividad en las siembras comerciales se debió a que la polinización no fue efectiva, debido a la poca afinidad de los clones padres en la plantación y afirmó que es importante crear condiciones favorables para el desarrollo y acción del agente polinizador.

Terreros, Chavarro y Ocampo (1976), evaluaron la compatibilidad de algunos clones en Palmira, Colombia; el Catongo resultó ser autocompatible y compatible con los demás clones, sugiriendo que de acuerdo a Knight y Rogers, su fórmula de compatibilidad es S_0 .

Yamada, Bartley, Castro y Melo (1982), estudiaron la segregación de la F_1 del cruzamiento entre PA-150 (autoincompatible) X SIC 802, (autocompatible). Estos autores encontraron 27 árboles autocompatibles y 28 árboles autoincompatibles, aceptando la hipótesis de que este

carácter segrega una proporción de 1:1 conforme a la prueba de χ^2 . por lo que concluyeron que el clon PA-150 debía poseer un alelo para compatibilidad en virtud de conferirlo para las progenies autocompatibles que poseen un alelo S_0 del progenitor Sic-802.

Según Vera (1969), la caída de las flores polinizadas después de haberse realizado las autopolinizaciones o polinizaciones cruzadas es menor a los tres días; siendo mayor después de los siete días, por lo que para efectos de evitar confusiones el conteo y observación debe ser entre los 10 y 15 días. Asimismo, lo recomiendan Carleto y Soria (1973) y López (1982).

Algunos autores consideran que un material es autocompatible si al menos un 2 % de las flores logra su prendimiento (López, 1982), otros consideran un 5 % (Yamada, Bartley, Castro y Melo, 1982). Estos porcentajes parecen ser muy bajos, debido a que puede haber influencia de errores durante las autopolinizaciones. Terreros, Chavarro y Ocampo (1976) consideraron como autocompatibles los genotipos que presentaron un 30 % de prendimiento.

4. Fenología

Sale (1970), afirma que los árboles de la especie *Theobroma cacao* exhiben marcadas diferencias en floración y brotación bajo regimenes variados de lluvia, temperatura y humedad.

Asomaning, Kwakwa y Hutcheon (1971) explican que debido a la gran sensibilidad de los árboles de cacao a su ambiente y a la posibilidad de complicaciones como ritmos de crecimiento endógenos e interacciones entre varios factores de crecimiento, se deben realizar correlaciones con los componentes climáticos con cautela y reserva.

Vogel, Machado y Alvim (1981), encontraron algunas correlaciones internas de crecimiento en el desarrollo de las plantas de cacao al remover órganos jóvenes para evaluar interacciones fenológicas en crecimiento, florescencia y fructificación.

Monge, Jiménez y Porrás (1986), encontraron que la floración estuvo correlacionada positivamente con la temperatura mínima y máxima; pero negativamente con la precipitación. Al mismo tiempo, el número de frutos pequeños estuvo correlacionado negativamente con la temperatura mínima, pero no tuvo relación con la precipitación. El número de frutos medianos correlacionó positivamente con la temperatura máxima pero no se afectó por la lluvia. El número de frutos sazones se correlacionó negativamente con la temperatura máxima e igualmente con la precipitación.

Existen estudios realizados en Turrialba y La Lola que muestran una activación de los meristemas vegetativos a inicio de enero (Trojer, 1968); un máximo de floración más polinización en mayo (Soria, 1970) y un máximo de cosecha de 5 a 6 meses entre octubre y noviembre. Existe un segundo ciclo vegetativo menos intenso que se inicia con una

actividad meristemática interna en julio, con brotación foliar en septiembre y octubre, floración más polinización en noviembre y una pequeña cosecha en abril del año siguiente (Trojer, 1968).

4.1 Factores ambientales

4.1.1 Precipitación y humedad relativa

Young (1984) indica que la lluvia es el factor que más influye en el tiempo y espaciamiento de los ciclos de floración de las plantas tropicales; no obstante el mecanismo preciso de la respuesta permanece desconocido. Es bastante difícil separar los efectos de la lluvia de los efectos en los cambios de temperatura.

Alvim (1979), sugiere que la deficiencia de agua provoca una mayor abscisión foliar, menor intensidad de floración y un menor tamaño de los frutos. Agrega que las condiciones de baja humedad aumentan la tasa de abscisión foliar y el intervalo entre brotes con producción de hojas mayores.

Young (1984), encontró que las épocas de máxima floración en los árboles de cacao coinciden con la estación lluviosa, particularmente, durante la primera mitad de este periodo. Se encontró que condiciones de exceso de lluvia al final de la estación lluviosa resulta en un declive en la floración.

4.1.2 Temperatura

La mayoría de las plantas tropicales y subtropicales necesitan de ciertos requerimientos específicos de temperatura antes de comenzar los periodos de la brotación y la floración (Sale, 1969).

Alvim (1957), realizando estudios en "La Lola", Costa Rica, encontró una alta correlación entre el número de mazorcas y la temperatura promedio 5 meses antes de la madurez fisiológica del fruto; es decir durante la floración. Asimismo, encontró un alto coeficiente de correlación entre la apertura de las yemas y las brotaciones florales con el rango de temperatura diario.

Hardy (1961), afirmó que la formación de flores en cacao se inhibe cuando la temperatura mensual baja de los 22 °C. Alvim (1966) en Urucuca, Bahía determinó claramente que el decrecimiento o la ausencia completa de floración en los meses de julio a septiembre, está relacionado con temperaturas menores de 23 °C. Sale (1969) trabajó bajo condiciones de temperatura controlada y encontró que las floraciones más altas ocurrieron a temperaturas diarias de 26,7 a 30 °C y las más bajas a temperaturas de 23,3 °C.

Grenwood y Posnette (1950), indicaron que la brotación en árboles adultos de cacao, es suprimida cuando la temperatura máxima diaria promedio de la semana es de 28 °C. Alvim (1966) reportó la influencia tanto de la temperatura como de la precipitación en el brotamiento de las yemas de las plantas de cacao.

Alvim (1954), no encontró correlación entre la incidencia de "cherelle wilt" o muerte fisiológica de los frutos y la temperatura, pero si encontró una alta correlación positiva entre la temperatura más alta de los 30 °C y el crecimiento del tronco.

4.1.3 Sombra

El efecto de la sombra natural sobre el cacao es complejo y la reducción en la intensidad de la luz es uno de los factores involucrados (Ahenkorah, 1979).

Según Young (1984), el tipo de sombra y el grado de alteración que ésta sufre por la estación lluviosa, es una influencia secundaria sobre los patrones de floración y el brotamiento. Este autor encontró que, dependiendo de la respuesta de los árboles de sombra a la sequía, la producción de flores varió de mes a mes y que cuando la cantidad de sombra se redujo por caída natural de las hojas al final de la estación seca, la fluctuación en la producción de flores se incrementó durante la siguiente estación lluviosa.

Mamedio y Muller (1983), estudiando los efectos de la sombra y la remoción foliar sobre la fenología; mostraron que la mayor brotación, así como la mayor intensidad de la floración, se presentó en los árboles sin sombra. Asomaning, Kwakwa y Hutcheon (1971), encontraron que los árboles sin sombra tuvieron una brotación más vigorosa que aquellos de regímenes sombreados. Estos autores indican que la floración decreció cuando la sombra se incrementó y en términos

absolutos, el número de mazorcas fue más alto, bajo sombra, siendo ligera pero consistentemente más bajo en árboles sin sombra. Esta mayor producción de mazorcas bajo sombra, a pesar del más bajo número de flores puede deberse a que el microclima sea más atractivo para los polinizadores y la viabilidad del polen más alta bajo condiciones de sombra. La incidencia de "Cherelle wilt" en términos absolutos fue más alta en los árboles con sombra; sin embargo, en términos porcentuales fue más alta en árboles sin sombra.

III. MATERIALES Y METODOS

1. Localización

El estudio se llevo a cabo en el "Experimento Central" de La Montaña y en la Colección de Germoplasma de Cacao del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), ubicado en la ciudad de Turrialba a una altura de 602 msnm, con una precipitación promedio anual de 2645 mm y temperatura promedio de 22,3 °C; Turrialba se localiza en una zona de vida de bosque premontano húmedo tropical (Holdridge, 1978).

2. Material experimental.

Se utilizaron 119 árboles del cruce interclonal Catongo X Pound-12 del "Experimento Central". Este experimento se estableció en 1977 con el objeto de evaluar el efecto de dos tipos de sombra, Laurel (*Cordia alliodora*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) sobre el desarrollo del cruce mencionado. Este experimento está compuesto por dos tratamientos (tipos de sombra) y dos repeticiones por tratamiento, con una parcela útil de 32 árboles por repetición. Posee líneas bordes de los cruces EET-400 x SCA-12 y UF-29 x IMC-67. En el Cuadro 1A se encuentra la identificación de 119 árboles evaluados y su ubicación en el Experimento Central.

Para evaluar los respectivos padres del cruce interclonal se utilizaron árboles de los clones progenitores

"Catongo" y "Pound-12" ubicados en la Colección de Germoplasma de Cacao del CATIE.

"Catongo" es un cultivar procedente de Brasil; con un índice de mazorca de 22,6; índice de semilla 1,1; moderadamente susceptible a *P. palmivora*, y autocompatible (Engels, 1981; Phillips y Enríquez, 1988).

"Pound-12" es originario del Perú; con un índice de mazorca de 24,3; índice de semilla de 1,05; susceptible a *P. palmivora*, y autoincompatible (Engels, 1981; Phillips y Enríquez, 1988).

Para el estudio de la reacción a la mazorca negra se evaluaron todos aquellos árboles que al menos tuvieran 4 frutos para ser inoculados. Al final del experimento se contabilizaron 52 árboles del cruce Catongo X Pound-12. Asimismo, se utilizaron 10 árboles de cada clon.

Para las inoculaciones se utilizó la cepa 964 de *P. palmivora*, identificada como la más representativa del área de estudio.

Se evaluó la compatibilidad en 86 árboles del cruce. Con el objeto de aislar los botones florales y realizar la polinización controlada se utilizaron los siguientes materiales: tubos de vidrio transparente de 5 cm de largo por 3 cm de diámetro, gasa fina, cedazo, plasticina, ligas y pinzas.

3. Rendimiento.

Los datos sobre rendimiento y los componentes del mismo como son número de mazorcas, número de semillas por mazorca y peso seco de las semillas, se recopilaron a partir de registros obtenidos por el personal del Programa de Cacao del CATIE entre 1979 y 1990. En este mismo periodo se determinaron otras características de la mazorca, así como los índices de selección.

Para obtener los componentes de rendimiento, características de la mazorca y los índices de selección, se utilizó una muestra de 40 mazorcas por árbol, en la cual se determinó: la longitud, diámetro y peso de la mazorca; el grosor máximo y mínimo de la cáscara; el número y peso seco de las almendras; el índice de mazorca y de semilla.

Además, en este estudio, se determinó el número de óvulos por ovario por árbol. Para esta característica, se tomó al azar una muestra de 10 flores por árbol recién abiertas y con la ayuda de una pinza se separaron los sépalos, pétalos, estambres y estaminoides para dejar solamente el ovario adherido al pedúnculo floral; con un bisturí se cortó el ovario por su base y se depositó en un portaobjetos; se agregó una gota de azul de metileno (colorante); se colocó otro portaobjetos encima y se presionó ligeramente para luego observarlo al estereoscopio y realizar el conteo.

3.1 Análisis estadístico

Para seleccionar los árboles de acuerdo al rendimiento, se utilizaron los residuos de un análisis de varianza que contenía el efecto de tratamientos (tipo de sombra) y repetición. Esto se hizo para ajustar los datos por el efecto de tratamientos y repetición, debido a que el rendimiento de un árbol pudo estar afectado por estos factores. Se aplicó una presión de selección de 34 % con el objeto de que al combinar el rendimiento con las características de resistencia a mazorca negra y compatibilidad se tuviera una presión de selección entre 5 y 10 %.

Con los datos ajustados se diseñó una escala arbitraria de acuerdo a la producción incluyendo los árboles poco productivos y los de alto rendimiento para efectos de selección de árboles individuales.

Para estudiar la segregación de los componentes de rendimiento, características de la mazorca y los índices de mazorca y de semilla, se realizaron análisis de distribución de frecuencias y estadísticas descriptivas.

4. Resistencia a *Phytophthora palmivora*.

4.1 Preparación del Inóculo

El inóculo se preparó en el Laboratorio de Fitopatología del CATIE a partir de colonias del hongo que crecieron en platos Petri sobre el medio Agar-V8-CaCO₃ (1,8, 20 y 0,3 %) durante 10 a 15 días en una cámara de 25 °C y periodos

alternos de 12 horas luz/oscuridad. Para la preparación de las suspensiones, se siguió la metodología de Lawrence (1978) modificada por Phillips y Galindo (1989). Se adicionaron a cada plato Petri 15 ml de agua destilada a 10 °C y se colocaron los platos Petri por 30 minutos, primero en una cámara oscura a 5 °C y luego a 25 °C. Las suspensiones fueron calibradas por medio de un hematocímetro; para esto se tomó una alícuota de la suspensión y con el objeto de inmovilizar las zoosporas, se le adicionó azul de metileno con un aza. Inmediatamente después de preparar el inóculo se procedió a realizar la inoculación.

4.2 Inoculación artificial

Se inocularon frutos de 4 y 5 meses de edad; en dos puntos ubicados en los lados opuestos del fruto. Se suministró luego a cada mazorca una cámara húmeda, mediante la colocación de una bolsa transparente de polietileno que contenía una toalla de papel y 50 ml de agua destilada. A los dos días se cortó la bolsa por los extremos inferiores para eliminar el agua libre.

Debido a la producción desuniforme de frutos que mostraron los árboles del cruce Catongo X Pound-12, muchos árboles no fueron evaluados por la ausencia total de frutos. Con el objeto de acumular la mayor cantidad de información se realizaron cuatro inoculaciones artificiales. Cada inoculación involucró todos los frutos disponibles en los árboles; sin embargo, únicamente se consideraron aquellos

árboles cuyo número total de frutos evaluados fue superior a tres. Todos los árboles recibieron al menos dos inoculaciones.

4.3 Variables medidas

A los 6 y 10 días después de cada inoculación se determinó la severidad de la enfermedad utilizando el diámetro de la lesión de mayor tamaño en cada fruto. Además se determinó el porcentaje de incidencia de la enfermedad por medio del número de frutos infectados.

Con el objeto de calificar los materiales y estudiar la forma de segregación de los árboles del cruce se utilizó la siguiente escala de clasificación

Diámetro de lesión (cm)	Calificación
0 - 2	Resistente (R)
2 - 4	Moderadamente resistente (MR)
4 - 6	Moderadamente susceptible (MS)
> 6	Susceptible (S)

Además se determinó el porcentaje de heterosis mediante la fórmula:

$$H = \frac{\text{promedio } F_1 - \text{promedio progenitores}}{\text{promedio de progenitores}} \times 100$$

asumiendo que no existe efecto recíproco en los materiales evaluados.

4.4 Análisis estadístico

Con el objeto de determinar la diferencia significativa entre los clones progenitores Catongo y Pound-12 se realizó el siguiente análisis de varianza.

Modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Efecto de la ijk -ésima observación.

μ = Media de la población.

A_i = Efecto del clon; $i=1, 2$.

B_j = Efecto de inoculación; $j=1, 2, 3, 4$.

AB_{ij} = Efecto de la interacción clon X inoculación

E_{ijk} = Error experimental

Se realizó otro análisis de varianza para los árboles dentro del cruce interclonal.

Modelo:

$$Y_{ijk1m} = \mu + S_i + P_{ij} + R_k + (RP)_{ijk} + A_{i1} + (RA)_{ijk1} + E_{ijk1m}$$

Donde:

S_i = Efecto de tratamiento (tipo de sombra); $i=1, 2$.

P_{ij} = Efecto de las parcelas dentro de tratamiento
(error para el efecto de tratamiento)

R_k = Efecto de inoculación; $k=1, 2, 3, 4$.

$(RP)_{ijk}$ = Efecto de la interacción inoculación y parcelas dentro de tratamiento (error para el efecto de inoculación)

A_{ij1} = Efecto de los árboles dentro de tratamiento y parcela

$(RA)_{ijk1}$ = Efecto de la interacción inoculación y árbol dentro de tratamiento y parcela

E_{ijk1m} = Error experimental

Para determinar la diferencia entre la reacción de los clones progenitores y el cruce se realizó una prueba "t", comparando el error experimental de los progenitores con el error experimental del cruce. Esto se realizó debido a que los árboles de los progenitores y los árboles del cruce se encontraban localizados bajo diferentes condiciones experimentales.

En cada inoculación se evaluó un número variable de frutos. Todas las inoculaciones fueron realizadas entre las 2 y 3 de la tarde y cada una de ellas fue considerada una repetición.

5. Compatibilidad

En la tarde del día anterior a la polinización artificial, se aislaron los botones florales que habían completado su desarrollo. El aislamiento se hizo con tubos de vidrio transparente, abierto en los dos extremos; el extremo libre cubierto con una gasa fina y el otro lado asegurado a la rama con un anillo de plasticina y una liga.

A la mañana siguiente entre las 6 y 10 am se practicó la emasculación de las flores y se frotaron las anteras de la flor padre sobre el estilo y el estigma de la flor madre.

La flor polinizada se aisló durante un periodo de 10 días.

En 49 árboles se realizaron 20 autopolinizaciones por árbol, en dos repeticiones de 10 flores cada una. En los 37 árboles restantes, debido a la poca disponibilidad de flores, solamente se realizaron entre 9 y 19 autopolinizaciones con dos repeticiones en algunos de ellos.

El éxito de las autopolinizaciones se determinó a los 10 días, a través del conteo del número de flores cuajadas o prendidas. Con base en las fecundaciones efectuadas se calculó el porcentaje de prendimiento, considerando autocompatibles aquellos árboles que presentaron como mínimo un 40 % de flores prendidas.

La segregación observada fue probada contra la esperada por el modo de acción génica para un par de genes, mediante la prueba de χ^2 con un valor de 3,84 y una relación de frecuencia esperada de 1:1, al 5 % de probabilidad y 1 grado de libertad (Steel y Torrie, 1988).

Se realizó un análisis de varianza siguiendo un modelo de parcelas divididas en el tiempo para determinar la diferencia de los árboles autocompatibles y autoincompatibles en cuanto al rendimiento y número de mazorcas.

6. Fenología

El estudio comprendió tres años de toma de datos; los registros fueron efectuados de 1986 a 1988 con personal del Programa de Cacao del CATIE.

Para cada uno de los clones progenitores se seleccionaron 20 árboles vigorosos. En cada árbol se marcó una sección del tronco y rama de tres metros de longitud a partir de la superficie del suelo. Cada sección correspondió a la unidad de observación.

Igualmente se procedió con el cruce Catongo X Pound-12. En este caso se seleccionaron 10 árboles por repetición bajo la sombra de poró y bajo la sombra de laurel. Cada 15 días se realizaron lecturas sobre el número de flores, número de frutos menores de 2 meses (< 8 cm), número de frutos entre 2 y 4 meses (8-15 cm), número de frutos mayores de 4 meses (15 cm), número de mazorcas cosechadas, número de mazorcas con cherville wilt, número de mazorcas con *Phytophthora palmivora*, número de mazorcas con *Monilia roreri* y presencia de chupones.

Durante el periodo de estudio se registraron datos sobre la precipitación, temperatura y humedad relativa.

6.1 Análisis estadístico

Para los análisis se emplearon datos promediados por quincena de las características observadas; excepto para los frutos cosechados, frutos con monilia, mazorca negra y

"cherelle wilt", en los que se tomó el número total por quincena.

Para los progenitores y cruce respectivo se obtuvieron correlaciones entre las características de crecimiento observadas y los parámetros climáticos, así como las correlaciones internas de los factores de crecimiento.

Para las características observadas en los clones Catongo y Pound-12 se realizó un análisis de varianza.

Modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + C_i + T_{ij} + A_k + Q_{k1} + CA_{ik} + E_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Efecto de la ijkl-ésima observación

μ = Media poblacional

C_i = Efecto de clones; $i=1, 2$.

T_{ij} = Efecto de árbol dentro de clon (Error para clones)

A_k = Efecto de años; $j=1, 2, 3$.

Q_{k1} = Efecto de quincenas dentro de años; $k=1, \dots, 24$.

(Error para años).

CA_{ik} = Interacción clon X año

E_{ijklm} = Error experimental

Para las características observadas en los árboles del cruce Catongo X Pound-12 se diseñó un análisis de varianza como sigue:

Modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + T_i + R_{ij} + A_k + Q_{kl} + TA_{ik} + TQ_{ilk} + E_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = Efecto de la $ijklm$ -ésima observación

μ = Media de la población

T_i = Efecto de tratamiento (tipo de sombra); $i=1, 2$.

R_{ij} = Efecto de parcela dentro de trat.; $j= 1, \dots, 4$.

A_k = Efecto de años; $k=1, 2, 3$.

Q_{kl} = Efecto de quincena dentro de años; $l=1, \dots, 24$.

TA_{ik} = Interacción tratamiento X año

TQ_{ilk} = Interacción tratamiento X quincena dentro de
año

E_{ijklm} = Error experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

1. Rendimiento.

Para todos los componentes de rendimiento estudiados, se observó una amplia variabilidad en la descendencia del cruce interclonal Catongo X Pound-12 .

Para el rendimiento expresado en kg/ha/año de cacao seco durante el periodo 1979-1990 del cruce no existió diferencia significativa entre los tipos de sombra y repeticiones (Cuadro 2A).

El peso promedio fue de 774,5 Kg/ha/año de cacao seco. Este rendimiento es un 50 % inferior a lo encontrado por Soria y Esquivel (1968) en La Lola, Costa Rica.

En la Figura 1, se presenta una distribución de frecuencia arbitraria de los árboles del cruce, de acuerdo al rendimiento en peso seco promedio por año, ajustado por tratamiento y repetición, entre 1979 y 1990. Los árboles se agruparon en rangos de 0,3 kg. Se consideró que los árboles de muy baja producción tenían entre 0-0,3 Kg/año; de baja producción aquellos entre 0,3-0,6 Kg/año; de producción media entre 0,6-0,9 Kg/año; de alta producción entre 0,9-1,2 Kg/año; de muy alta producción entre 1,2-1,5 Kg/año; y de producción excelente aquellos árboles con más de 1,5 Kg/año.

Solamente hubo un árbol que no produjo. La clase más abundante fue la de baja producción en la que se encontraron 22 árboles, éstos sumados a los árboles de muy baja producción llegaron a constituir un 45,3 % de la población

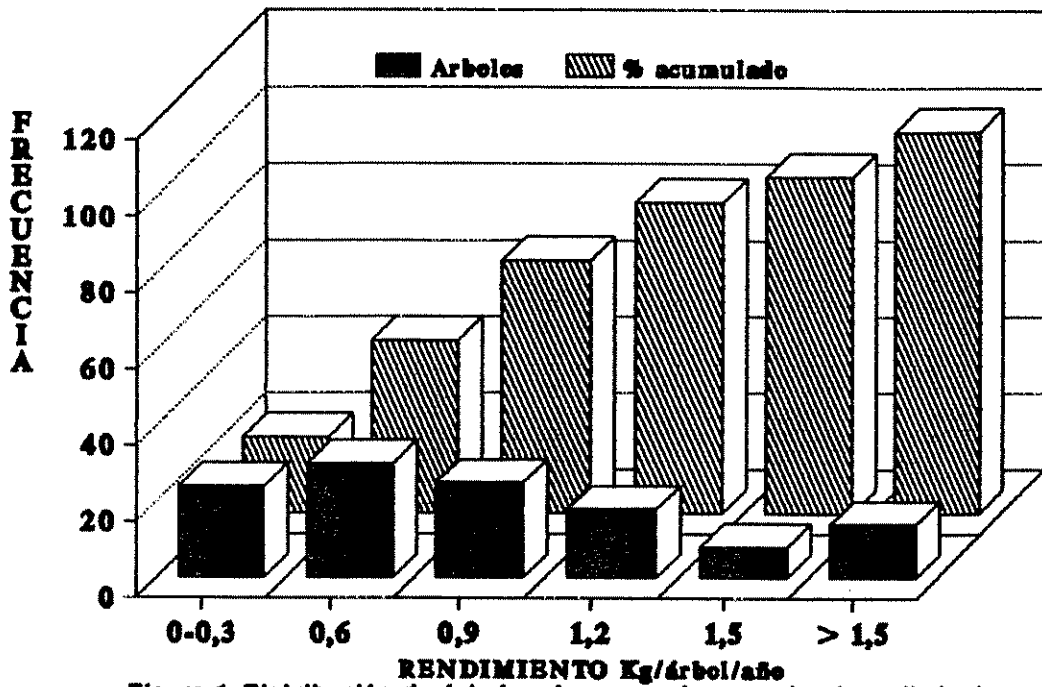


Figura 1. Distribución de árboles de cacao de acuerdo al rendimiento del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

estudiada. Los árboles con producción media representaron un 21 %. Los árboles con alta producción sumados a los árboles de muy alta producción y producción excelente llegaron a formar un 33,6 % de la población que incluye 40 árboles.

A pesar de que la mayor cantidad de árboles tuvieron una producción baja y muy baja, el promedio de la progenie se encuentra en la clase de producción media, debido quizás a que hay un porcentaje elevado (33,6 %) de árboles que presentaron una producción de alta a excelente.

Soria y Esquivel (1968) al evaluar este mismo cruce y su recíproco bajo condiciones de "La Lola", Costa Rica encontró que la producción fue bastante alta. Es necesario tomar en cuenta que el rendimiento en cacao es bastante afectado por las condiciones climáticas (Atanda y Jacob, 1975).

El comportamiento en la producción del cruce Catongo X Pound-12 muestra que existió una amplia variabilidad entre los individuos de la combinación híbrida, siendo posible encontrar árboles de baja y alta producción. Esquivel y Soria (1967), señalan que estos resultados son debidos a que uno o ambos progenitores son bastante heterocigotas para los factores genéticos que controlan producción, que el carácter es de tipo cuantitativo y dependiente de heterosis.

Bajo las condiciones de Turrialba se ha estimado que los clones Catongo y Pound-12 producen aproximadamente 400 Kg/ha/año de cacao seco. Dado que el cruce entre estos dos clones produjo en esta investigación 774,5, el porcentaje de heterosis para esta característica se puede estimar en un

93%, lo que indica la existencia de vigor híbrido en la descendencia. Sin embargo, es de hacer notar que los datos para los clones progenitores y los del cruce no fueron obtenidos bajo las mismas condiciones de estudio, por lo que el cálculo de heterosis no es confiable totalmente.

En la Figura 2 se observa la variación en la producción a través de los años estudiados. La mayor parte de los árboles comenzó a producir en el segundo año después de la siembra y el año de mayor producción fue en 1986.

La sombra no influyó sobre el rendimiento de los árboles. Esto sugiere que puede ser utilizado tanto el Laurel (*Cordia alliodora*) como el Poró (*Erythrina poppeiana*) como sombra del cacao. La elección del tipo de sombra dependerá entonces de las propiedades diferenciales de éstas dos especies en cuanto a requerimientos climáticos, protección al suelo, o de rentabilidad para el agricultor.

1.1 Componentes de rendimiento

El Cuadro 1 muestra los promedios y el coeficiente de variación para las principales características de la mazorca de los árboles de cacao del cruce. En este cuadro se incluyen algunos de los caracteres de rendimiento más importantes como son número de mazorcas, número y peso seco de semillas; así como los índices de mazorca y de semilla.

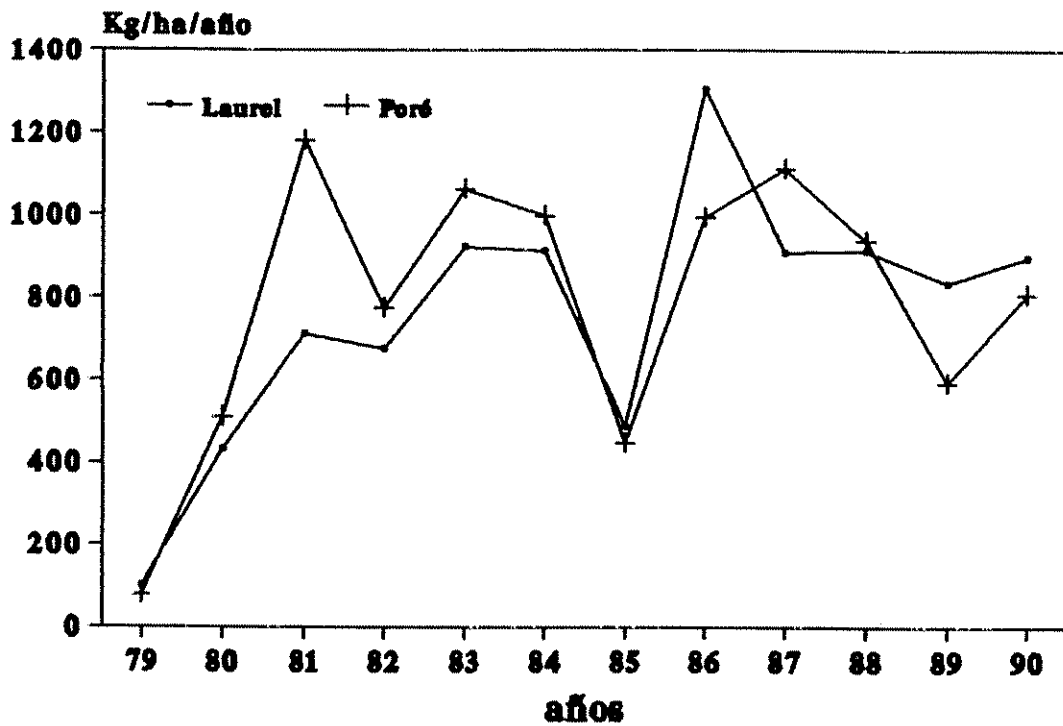


Figura 2. Rendimiento de cacao seco bajo dos sistemas de sombra del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1981.

Cuadro 1. Promedios y coeficientes de variación de algunas características de la mazorca de cacao del Cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

Carácter	Promedio	C.V.
Número de mazorcas	17,7	106,9
Longitud de mazorca (cm)	15,7	12,2
Diámetro de mazorca (cm)	8,3	8,9
Peso de mazorca (g)	553,5	21,4
Grosor máximo cáscara (cm)	1,7	13,1
Grosor mínimo cáscara (cm)	1,3	14,7
Número de semillas	34,2	15,8
Peso seco semillas (g)	43,3	24,6
Índice de mazorca	23,2	25,8
Índice de semilla	1,3	23,4

1.1.1 Número de mazorcas

El Cuadro 2A muestra que para el número de mazorcas no existió diferencia significativa para los tipos de sombra ni para las repeticiones.

Se obtuvo un promedio de 17,7 mazorcas/árbol/año (Cuadro 1). Este componente fue el de mayor variación. En la Figura 3 se observa la distribución de los árboles de acuerdo al número de mazorcas; el 66 % de los árboles presentó menos de 20 mazorcas promedio por año y solamente un 34 % de los árboles, más de 20 mazorcas.

Se obtuvo un coeficiente de correlación global de 0,92 entre el peso seco y el número de mazorcas y un coeficiente de regresión de 38,3 respondiendo significativamente a un modelo lineal (Figura 4). El coeficiente de regresión se utilizó para obtener el índice de mazorca, resultando que 26 mazorcas son necesarias para producir 1 Kg de cacao²⁶ seco.

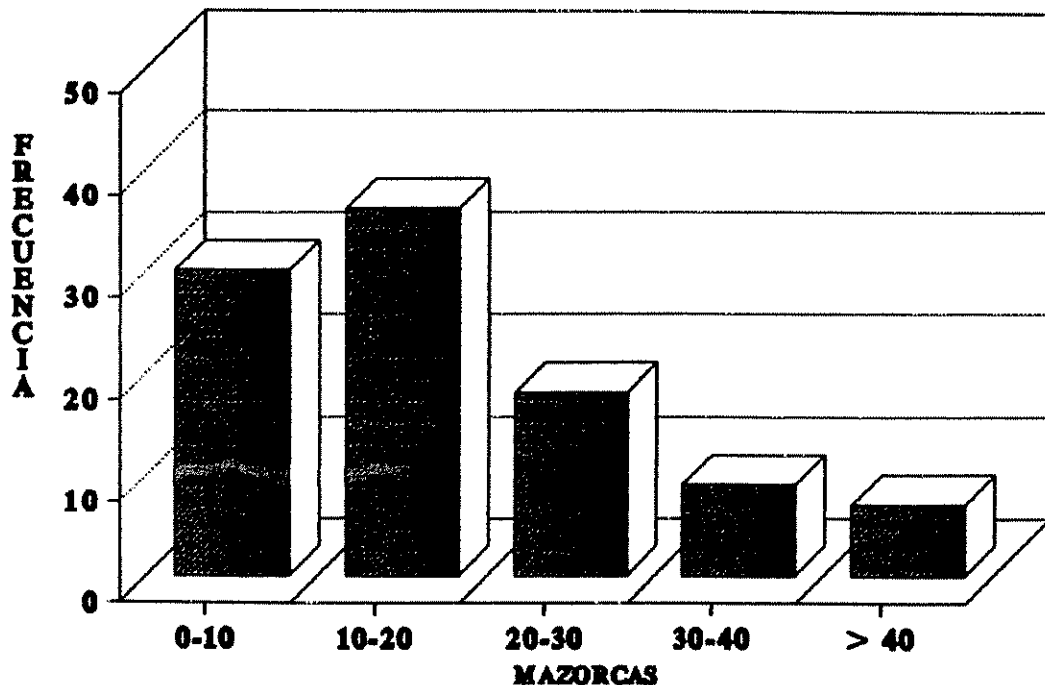


Figura 3. Distribución de árboles de cacao de acuerdo al número de mazorcas. Cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

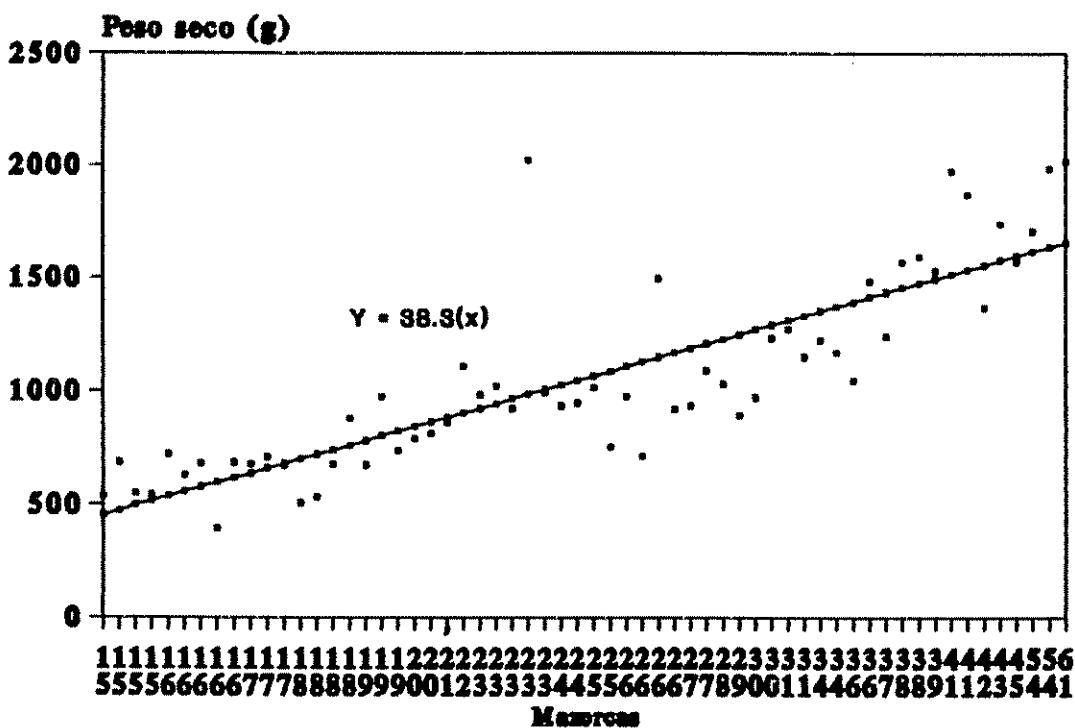


Figura 4. Regresión entre peso seco y número de mazorcas de cacao del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

Este resultado concuerda con el obtenido al determinar el índice de mazorca por medio de una muestra de 40 mazorcas por árbol, en el cual se obtuvo un promedio de 23.

Lo anterior indica que existe una relación muy estrecha entre el número de mazorcas y el peso seco, por lo que, el número de mazorcas parece ser una medida confiable de la capacidad de producción de los árboles de este cruce. También se debe tomar en cuenta que es una medida fácil de obtener y se presta para ser usada en poblaciones grandes o por los mismos agricultores (Esquivel y Soria, 1967; Bartley, 1971; Atanda y Jacob, 1975). Sin embargo, algunos autores afirman que ésta característica no es confiable para estimar el rendimiento en cacao, debido a que algunas mazorcas producen más que otras, considerando que la medida más confiable en programas de mejoramiento genético es el índice de mazorca (Cheesman y Pound, 1932).

1.1.2 Longitud y diámetro de mazorca

Estos caracteres influyen en el peso de la mazorca, con el cual tuvieron coeficientes de correlación altos y positivos (Cuadro 3A).

En la Figura 5 se observa la distribución de éstas dos características. La longitud promedio fue de 15,7 cm mientras que el diámetro promedio fue de 8,3 cm con una relación longitud/diámetro de 1,9. Se observó una amplia variabilidad en estas dos características de la mazorca, al igual que lo encontró Engels (1986).

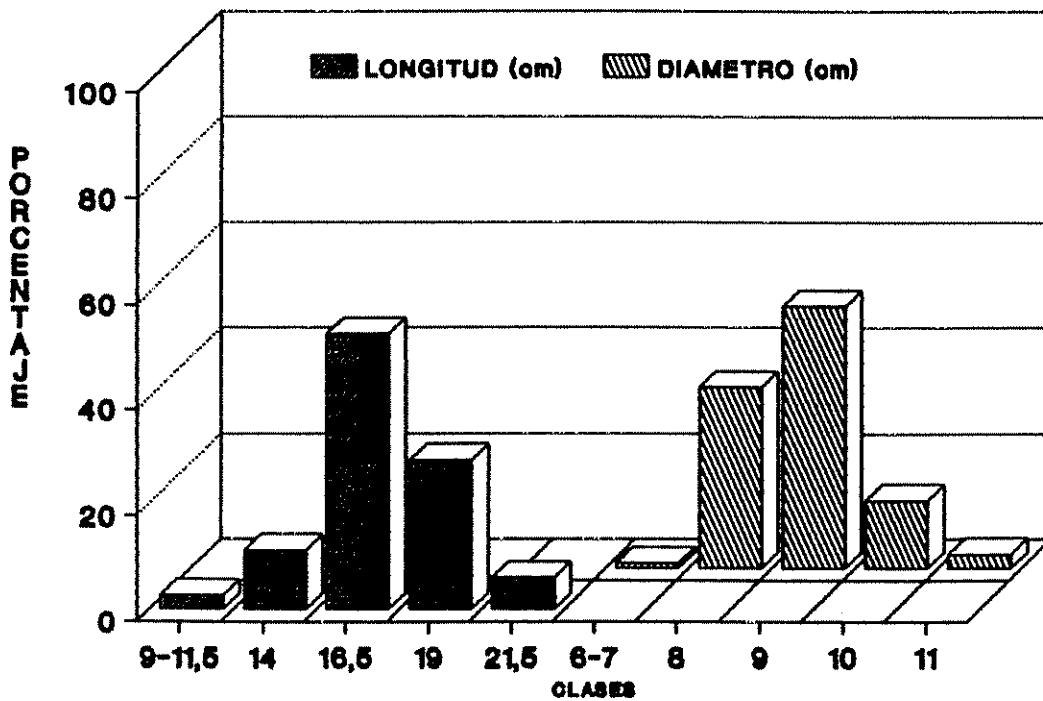


Figura 5. Distribución de frecuencias para longitud y diámetro de mazorca. Promedio de 40 mazorcas por árbol.

El Cuadro 2 señala el promedio de los progenitores y de la descendencia, así como el cálculo de heterosis, en cuanto a las principales características de la mazorca, de rendimiento y algunos índices importantes en la selección de árboles de cacao.

Se observó una heterosis de 33,1 para la longitud de la mazorca, sin embargo en el diámetro no hubo un porcentaje de heterosis significativo, lo que sugiere, que el aumento en la longitud tiene una mayor influencia en el peso de la mazorca que el diámetro (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características de rendimiento de los clones Catongo, Pound-12 y el respectivo cruce Catongo X Pound-12. Promedio de 40 frutos. Turrialba, 1991.

Carácter	Progenitores ¹		Progenie F ₁	Heterosis % ²
	Catongo	Pound-12		
Longitud de mazorca (cm)	13,6	10,1	15,7	33,1
Diámetro de mazorca (cm)	8,8	8,4	8,3	- 3,2
Peso de mazorca(g)	501,0	504,0	553,5	10,1
Grosor máximo de cáscara (cm)	1,2	1,2	1,6	41,9
Grosor mínimo de cáscara (cm)	0,8	0,7	1,3	63,5
Número de semillas	34,3	41,0	34,2	- 9,2
Peso seco de semilla (g)	0,9	0,8	1,3	43,6
Índice de mazorca	30,8	27,9	23,1	-21,4
Índice de semilla	0,9	0,8	1,3	43,6

1/ Engels, 1981.

2/ Obtenido con base en el promedio de los progenitores.

1.1.3 Peso de la mazorca

Para el carácter peso de la mazorca se observó una alta variabilidad entre los árboles del cruce (Figura 6). Esta variabilidad ha sido también informada por varios autores (Soria, Ocampo y Páez, 1973). Se obtuvo un peso promedio de 553,54 g y un coeficiente de variación de 21,4 (Cuadro 1).

El grado de heterosis presentado por la progenie F_1 fue de 10,2 %, el cual está influenciado seguramente por la mayor longitud de mazorca, el aumento en grosor máximo y mínimo de la cáscara y por el peso seco de la semilla con los cuales el peso de la mazorca presentó una correlación alta, al igual que lo encontró Koppers (1952).

La baja correlación entre el peso de la mazorca y el número de semillas, unido a la alta correlación con el peso seco de la semilla indica que el peso de la mazorca estuvo influenciado más por el aumento en el peso de la semilla que por el aumento del número de éstas en la mazorca. Datos similares fueron encontrados por Ruinard (1961).

1.1.4 Número de semillas y número de óvulos

Según Toxopeus y Jacob (1970) el número de semillas por mazorca es el carácter de rendimiento más importante pero también el más variable.

Se encontró en la presente investigación que el número promedio de óvulos por ovario por árbol fue de 38,2 con un desvío estándar de 5,0. Mientras que el promedio de almendras fue de 34,5 con un desvío de 5,0.

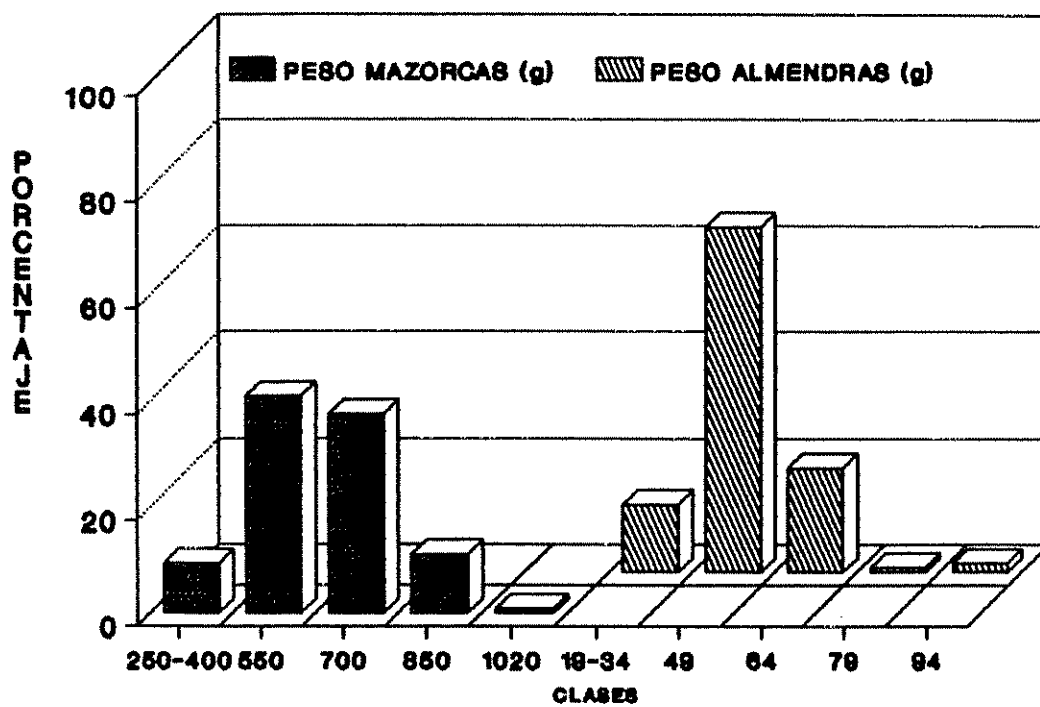


Figura 6. Distribución de frecuencias para peso de la mazorca y peso seco de las almendras. Promedio de 40 mazorcas por árbol.

Se encontró una correlación de 0,39 entre estas dos características, la cual es baja, indicando que no se puede tener una estimación del número de semillas por fruto con base en el número de óvulos por ovario. Estos mismos resultados fueron encontrados por López (1984), quien además señala que entre las razones por las que el óvulo no llega a transformarse en semilla están los factores genéticos y ambientales como incompatibilidad, presencia o no de polen, insectos polinizadores, fertilidad del polen y el óvulo.

1.1.5 Índice de mazorca y peso seco de semilla por mazorca

El índice de mazorca es la medida indirecta del tamaño de la mazorca en función de su producción de cacao seco. Esta característica es muy útil cuando se quiere conocer la potencialidad de producción de cada árbol para efectos de selección (Esquivel y Soria, 1967).

Se encontró una correlación negativa significativa, entre el índice de mazorca y el peso seco de semilla por mazorca, de -0,89 (Cuadro 3A). lo que permite sugerir que el índice de mazorca puede ser utilizable en la selección de árboles con una muestra aceptable de frutos, como lo señalan Chessman y Pound (1934). Sin embargo, Soria (1966), indica que este carácter es muy afectado por los factores internos de la planta como edad, localización de la mazorca en el árbol y por factores externos como suelos, y condiciones

climáticas. Esto debe tomarse en cuenta al momento de determinar el índice de mazorca.

En la Figura 7 se observa la distribución de los árboles en cuanto a índice de mazorca, mostrando amplia variabilidad en la progenie del cruce estudiado. El promedio del índice de mazorca fue de 23,2 con un coeficiente de variación de 25,8 (Cuadro 1); el 67 % de la población se concentró en la clase de 18-26 mazorcas.

El peso seco promedio de semilla fue de 43,3 g con un coeficiente de variación de 24,6; el 65 % de los árboles se concentró en la clase de 34-49 g de peso seco de semilla/mazorca.

1.1.6 Peso seco e Índice de semilla

La Figura 8 muestra la distribución de los árboles para la característica de índice de semilla. La mayor cantidad de árboles se ubicó entre 0,8 y 1,6.

El coeficiente de correlación entre el índice de semilla y el número de semillas es bajo (-0,28), indicando poca relación entre ellas, sin embargo, con el peso seco tuvo una correlación negativa y altamente significativa (-0,78).

Según Atanda y Jacob (1975) el índice de semilla está determinado por el peso seco. El promedio del peso seco de la semilla obtenido en éste estudio está dentro de los límites sugeridos por estos autores, quienes adicionalmente indican que los cacaos amelonados tienen un peso seco de semilla entre 0,9 y 1,3 g.

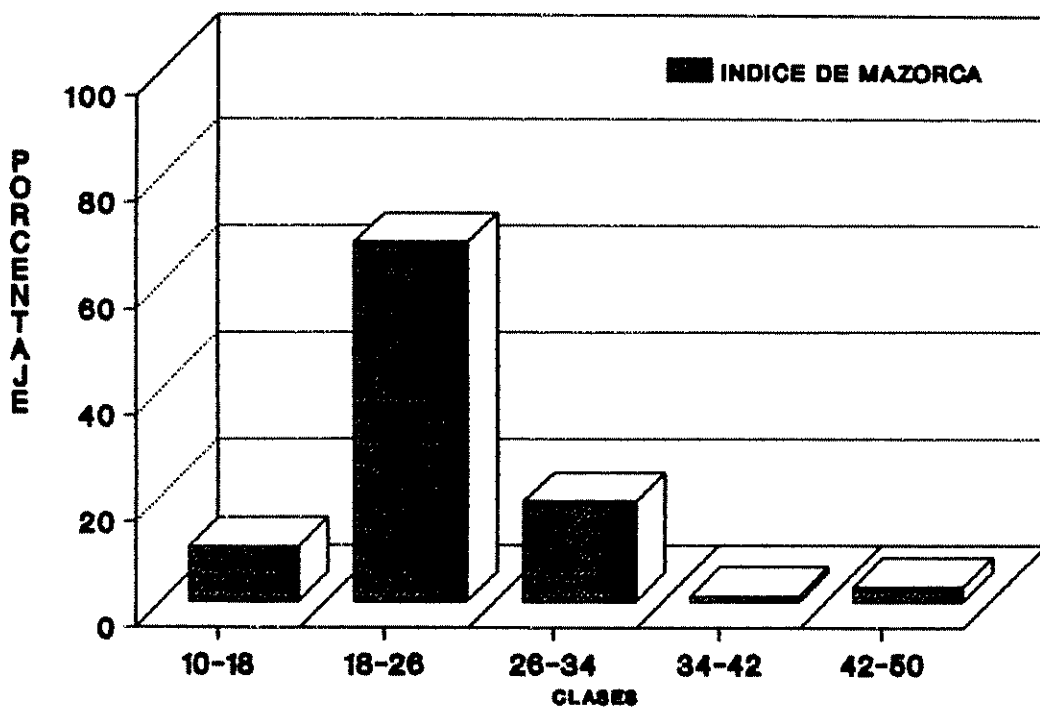


Figura 7. Distribución de frecuencias para el índice de mazorcas.
Promedio de 40 mazorcas por árbol.

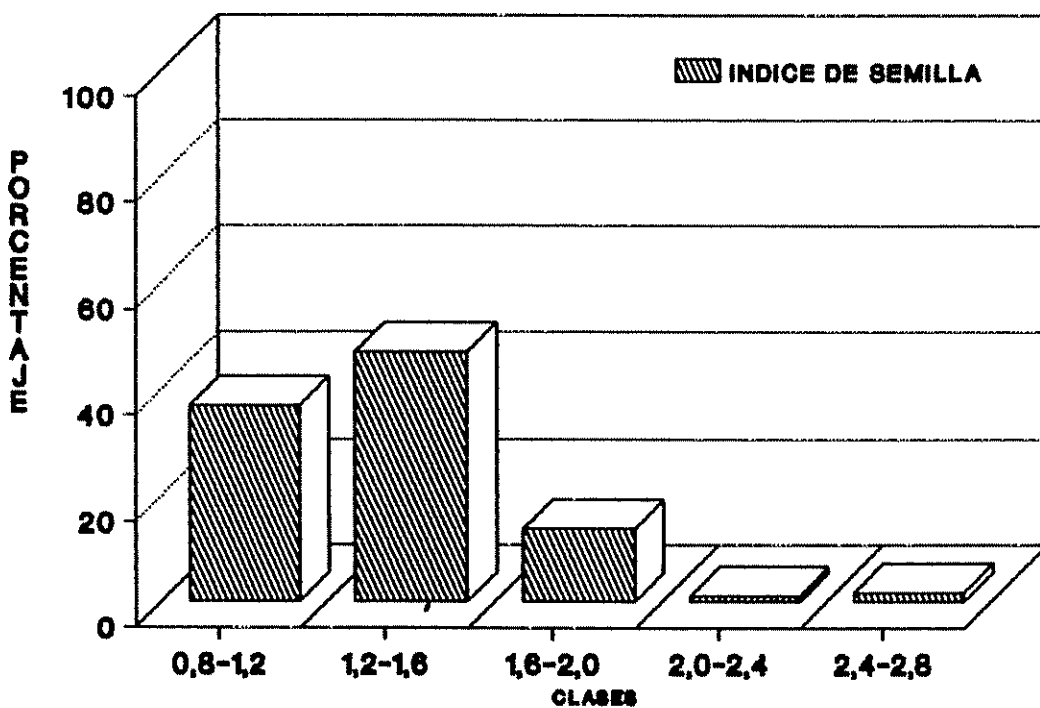


Figura 8. Distribución de frecuencias para el índice de semilla.
Promedio de 40 mazorcas por árbol.

La progenie presentó un mayor índice de semilla que sus padres presentando una heterosis de 39,6 % para éste carácter (Cuadro 2). Un alto porcentaje de la población presento altos índices de semilla, lo cual proporciona una buena base para la selección de algunos árboles, tomando en cuenta éste carácter.

En resumen se observó que en la población estudiada, solamente un 34 % de los árboles presentó una producción de alta a excelente, el resto tuvo una producción de media a baja, lo cual es muy importante considerar al momento de establecer poblaciones provenientes de cruces interclonales.

Entre las principales características de rendimiento se encontró el número de mazorcas, el peso seco de semillas por mazorca y el número de semillas. Asimismo se encontró que los índices de mazorca y semilla pueden ser importantes en la selección de árboles individuales dentro de una población de cacao.

2. Resistencia a *P. palmivora*.

Debido a la gran importancia que tiene la mazorca negra en el mundo, se han realizado muchos estudios tendientes a identificar materiales resistentes a la enfermedad. Al respecto, los resultados obtenidos en diferentes lugares, han sido en ocasiones contradictorios, debido quizás a los diferentes métodos empleados y a la amplia variabilidad genética del cacao y del patógeno.

El método de inoculación utilizado en este estudio produjo una incidencia de 100 % en todas las inoculaciones realizadas, lo cual permitió separar, de acuerdo con la escala de severidad establecida, cuatro grupos de árboles: resistentes, moderadamente resistentes, moderadamente susceptibles y susceptibles.

2.1 Progenitores y descendencia.

Para los progenitores "Catongo" y "Pound-12", no se encontró diferencias significativas en cuanto a su reacción a la mazorca negra, tanto a los 6 como a los 10 días de efectuada la inoculación artificial. Sin embargo si hubo diferencias significativas entre las inoculaciones y la interacción clon X inoculación (Cuadro 4A), indicando que la reacción de los materiales no fue estable a través de las cuatro inoculaciones realizadas en el estudio.

En los Cuadros 5A y 6A se encuentran los promedios de severidad por inoculación para cada uno de los genotipos tanto a los 6 como a los 10 días. El Cuadro 7A muestra que no existió diferencia para los tipos de sombra, inoculaciones y la interacción inoculaciones X árbol; sin embargo si se presento diferencia entre los árboles.

Al realizar la prueba "t" entre el error experimental de los progenitores y el error tipo A de la descendencia se encontró que entre estos genotipos no hubo diferencia significativa.

Se observó una fluctuación importante en los valores de severidad del Catongo y Pound-12 entre inoculaciones en tanto que la respuesta del cruce fue muy estable entre ellas (Figuras 9 y 10).

La Figura 11 muestra la diferencia entre la reacción de los progenitores y su descendencia. Asimismo, se observa la diferencia entre la reacción de los materiales cuando las evaluaciones se realizaron a los 6 y a los 10 días.

En la evaluación a los 6 días la reacción varió entre 2,2 cm de diámetro de lesión en el cruce hasta 7,5 cm en Catongo. El Catongo fue en promedio el material más afectado, con 4,4 cm de diámetro de lesión mientras que el cruce fue el menos afectado con 2,4 cm de diámetro de lesión.

En la evaluación a los 10 días la reacción varió entre 4,9 cm de diámetro en el cruce hasta 12,9 cm en el clon Catongo. El Catongo también fue el más afectado con 10,3 cm de diámetro de lesión, mientras que el cruce nuevamente fue el que mostró menor lesión con 5,9 cm de lesión.

Al utilizar la escala de severidad establecida para este estudio, los tratamientos tuvieron distinta clasificación de acuerdo a su reacción al patógeno: en la evaluación a los 6 días, el Catongo quedó clasificado como moderadamente susceptible, el Pound-12 como moderadamente resistente y el cruce Catongo X Pound-12 como moderadamente resistente, pero a los 10 días el Catongo y el Pound-12 se clasificaron como susceptibles y el cruce como moderadamente susceptible.

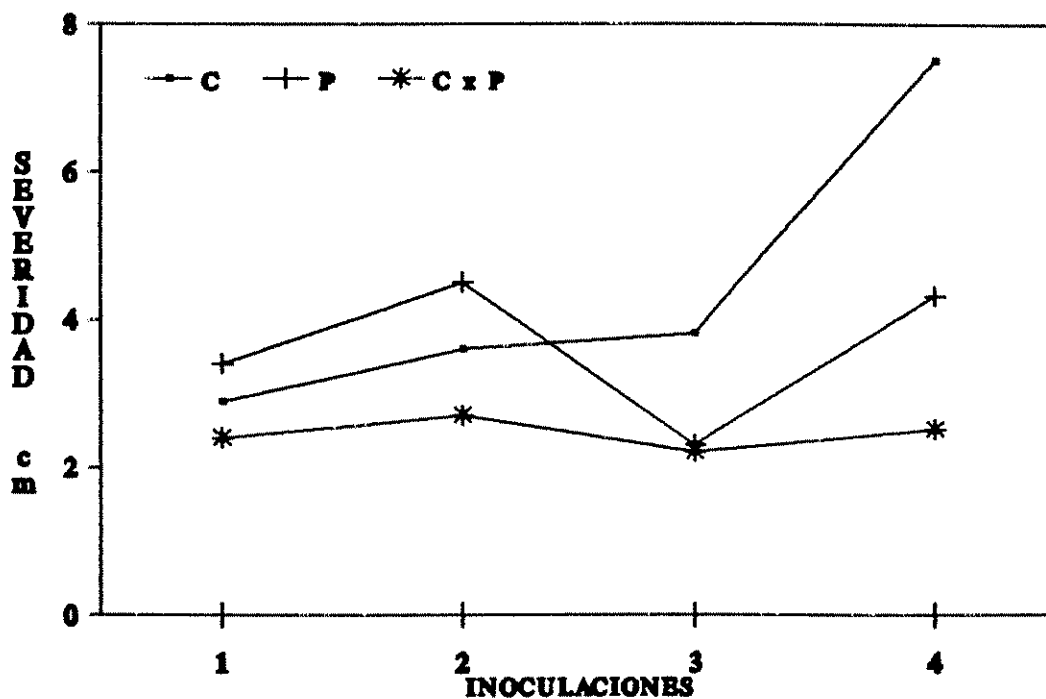


Figura 9. Reacción a mazorca negra (*P. palmivora*) a los 6 días de la inoculación. Turrialba, 1991.

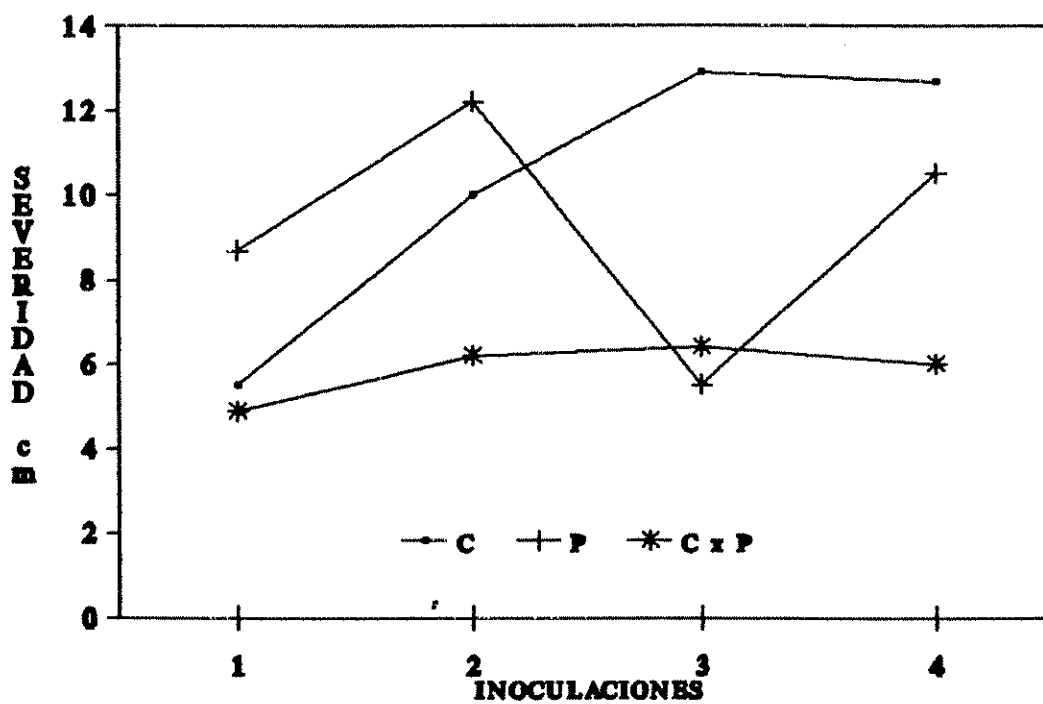


Figura 10. Reacción a mazorca negra (*P. palmivora*) a los 10 días de la inoculación. Turrialba, 1991.

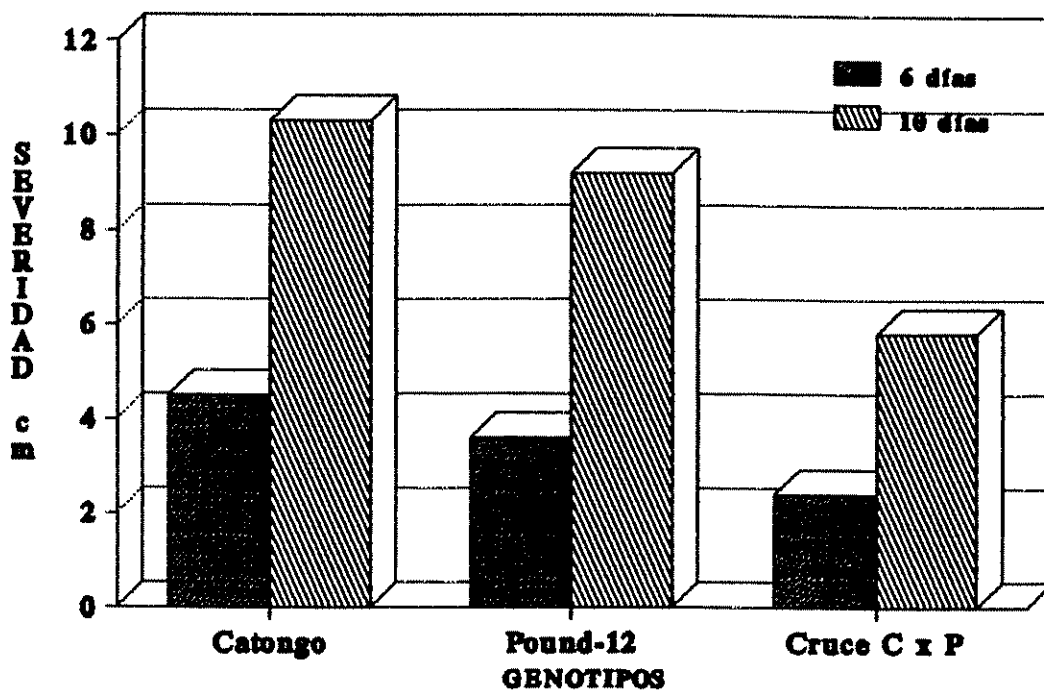


Figura 11. Reacción de los clones y su descendencia a mazorca negra (*P. palmivora*) a los 6 y 10 días de la inoculación. Turrialba, 1981.

Tanto el clon Catongo como el Pound-12 han sido estudiados en muchos lugares y los resultados han sido diversos en cuanto a su reacción a *P. palmivora*. Rocha y Vello (1969), en Bahía, Brasil al igual que Lawrence (1978) encontraron que el Catongo era resistente. Asimismo, Zentmyer (1968), encontró que el Catongo fue resistente y que el Pound-12 fue el cultivar más susceptible de entre cuatro cultivares evaluados. Por otro lado Rodríguez (1983), encontró que el Catongo se comportó como susceptible al igual que el Pound-12, pero este último menos que el primero.

De acuerdo con los promedios (Cuadros 5A y 6A), se observa que el cruce entre los clones Catongo y Pound-12 fue menos afectado por el patógeno que sus padres, obteniendo un porcentaje de heterosis negativo de $-0,37$ y $-0,39$ a los 6 y 10 días respectivamente. Este resultado podría deberse a la presencia en el Catongo y/o el Pound-12 de factores de resistencia de acción modificadora o complementaria como sugiere Rodríguez (1983).

Normalmente se ha encontrado que la tendencia en el comportamiento de los híbridos de cacao en cuanto a resistencia a *P. palmivora* es hacia uno de los progenitores (Phillips y Galindo, 1990). Sin embargo, en éste estudio se encontró que el cruce se comportó en mejor forma que los progenitores, obteniendo una menor lesión del patógeno (Figura 11), contrario a lo encontrado por Sitapai y Kennedy (1987) quienes encontraron que la progenie F_1 entre clones

susceptibles no fue mejor que sus padres, éste autor trabajó con clones ICS.

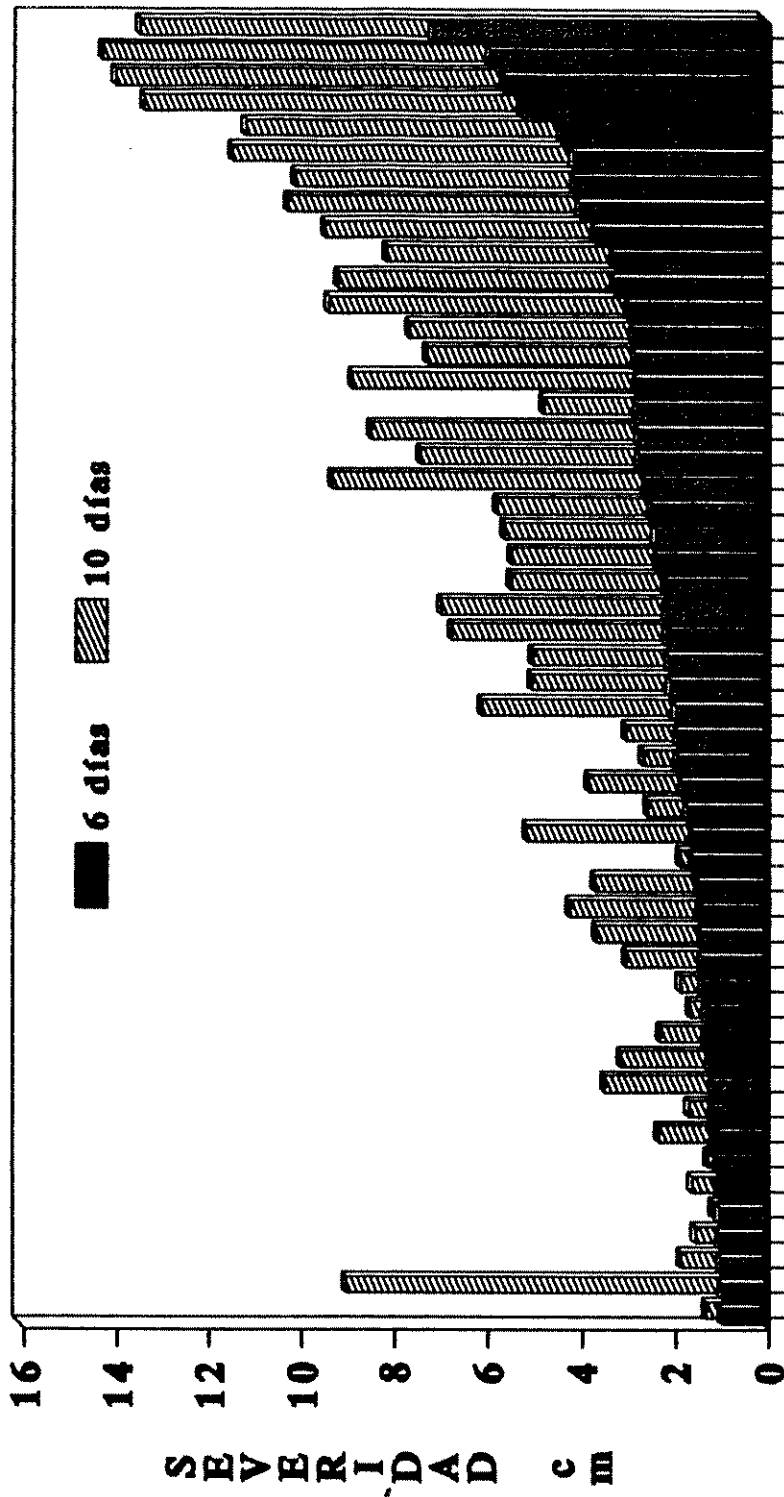
La mejor respuesta de la descendencia sobre el promedio de los progenitores, se puede expresar como heterosis o vigor híbrido, la cual se manifiesta con una mayor resistencia en la F_1 , y que ha sido estudiado por otros autores en otras plantas alógamas (Reyes, 1985).

2.2 Descendencia

Se encontró diferencias altamente significativas entre los 52 árboles del cruce Catongo X Pound-12. Sin embargo, no se presentó diferencia entre los dos tipos de sombra (laurel y poró), ni entre las inoculaciones (Cuadro 7A).

El promedio del cruce fue de 2,4 cm a los 6 días y de 5,9 cm a los 10 días. Algunos autores mencionan que la combinación tanto de Catongo como de Pound-12 produce descendencias con buen índice de resistencia. Rodríguez (1983), obtuvo niveles de resistencia aceptables al cruzar Catongo con SCA-6, Pound-7 y UF-676. Asimismo, Soria y Esquivel (1970), encontraron que el cruce Catongo X Pound-12 y su recíproco tuvieron una reacción intermedia. Asare, Amponsah y Nuamah (1972) encontraron que el cruce entre amelonado (similar al Catongo) X Pound-12 se comportó como intermedio. Rocha y Vello (1969) encontraron que en general los cultivos derivados del Catongo mostraron resistencia.

En la Figura 12 se observa la reacción de los 52 árboles evaluados. La severidad varió de 0,9 en el cultivar más



92581752481
 121951512991
 11811163691
 16145726974
 6441981
 012035521
 212043982
 3350319025
 9692020760
 191787304280
 040 7
 078 8
 082 8
 083 23
 084 4
 085 7

ARBOL

Figura 12. Reacción de 62 árboles de cacao del cruce Catongo X Pound-12 a la mazorca negra (*P. palmivora*) a los 6 y 10 días.

resistente hasta 7,1 en el árbol más susceptible a los 6 días y de 1,0 en el más resistente hasta 13,8 en el árbol más susceptible a los 10 días. En la Figura 12 también se puede observar que algunos árboles mantienen su reacción al evaluarse a los 6 y 10 días en tanto que otros manifiestan fuertes variaciones.

La distribución de los árboles según la escala de calificación se observa en las Figuras 13 y 14. A los 6 días el 50 % de los árboles se comportó como resistente, el 40 % como moderadamente resistente, 8 % como moderadamente susceptible y el 2 % susceptible. La alta proporción de árboles resistentes encontrados a los seis días después de la inoculación es similar a la encontrada, en forma global, por Phillips y Galindo (1990), quienes evaluaron bajo la misma metodología los clones Pound-7, UF-613 y UF-676 así como sus descendencias. Sin embargo, estos autores trabajaron con cruces que al menos tenían un progenitor resistente, por lo que considerando que en este estudio los progenitores fueron moderadamente resistentes y moderadamente susceptibles, es evidente la existencia de vigor híbrido para la resistencia a mazorca negra.

Cuando la lectura de la severidad se realizó a los 10 días un 21 % de los árboles fue clasificado como resistente, 23 % como moderadamente resistente, 19 % moderadamente susceptible y un 37 % como susceptible. Esto implica que en el transcurso de cuatro días, algunos árboles considerados

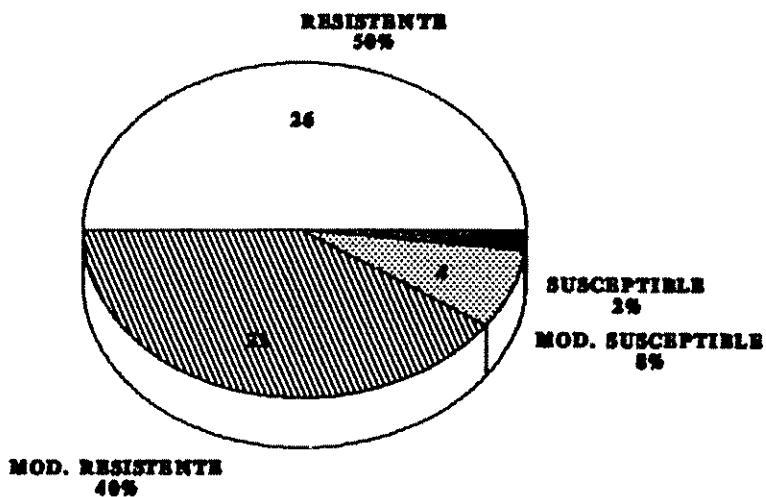


Figura 13. Distribución de los árboles de acuerdo a su reacción a la mazorca negra (*P. palmivora*) a los 6 días de la inoculación del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

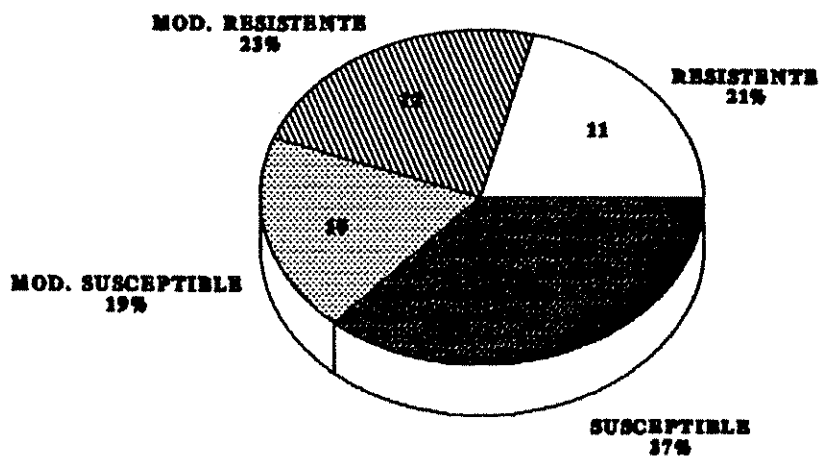


Figura 14. Distribución de los árboles de acuerdo a su reacción a la mazorca negra (*P. palmivora*) a los 10 días de la inoculación del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

como resistentes sufrieron un avance en la infección del hongo ocasionando una lesión más severa.

De acuerdo con la Figura 15, de los árboles clasificados como resistentes a los 6 días, el 42 % permaneció resistente a los 10 días, 42 % pasó a ser clasificado como moderadamente resistente, 12 % se mostró como moderadamente susceptible y el 4 % como susceptible. Esto indica que existe un mecanismo que inhibe el crecimiento del hongo en los árboles resistentes y que éste se rompe en los árboles susceptibles.

En los árboles susceptibles los mecanismos de resistencia fueron vencidos, mientras que, en los árboles resistentes la resistencia horizontal permitió la manifestación de lesiones pero retardó y evitó la producción de inóculo.

De los árboles clasificados a los 6 días como moderadamente resistentes el 5% permaneció como tal, 33 % pasó a ser moderadamente susceptible y el 62 % a susceptible. Mientras que el 100 % de los árboles clasificados como moderadamente susceptibles a los 6 días, paso a ser susceptible a los 10 días (Figura 15).

Se pueden considerar como inestables en su comportamiento los árboles que pasaron de resistentes a moderadamente susceptibles y los de moderadamente resistentes a susceptibles.

Entre los árboles que mostraron una estabilidad intermedia se pueden considerar aquellos que pasaron de resistentes a moderadamente resistentes y de moderadamente

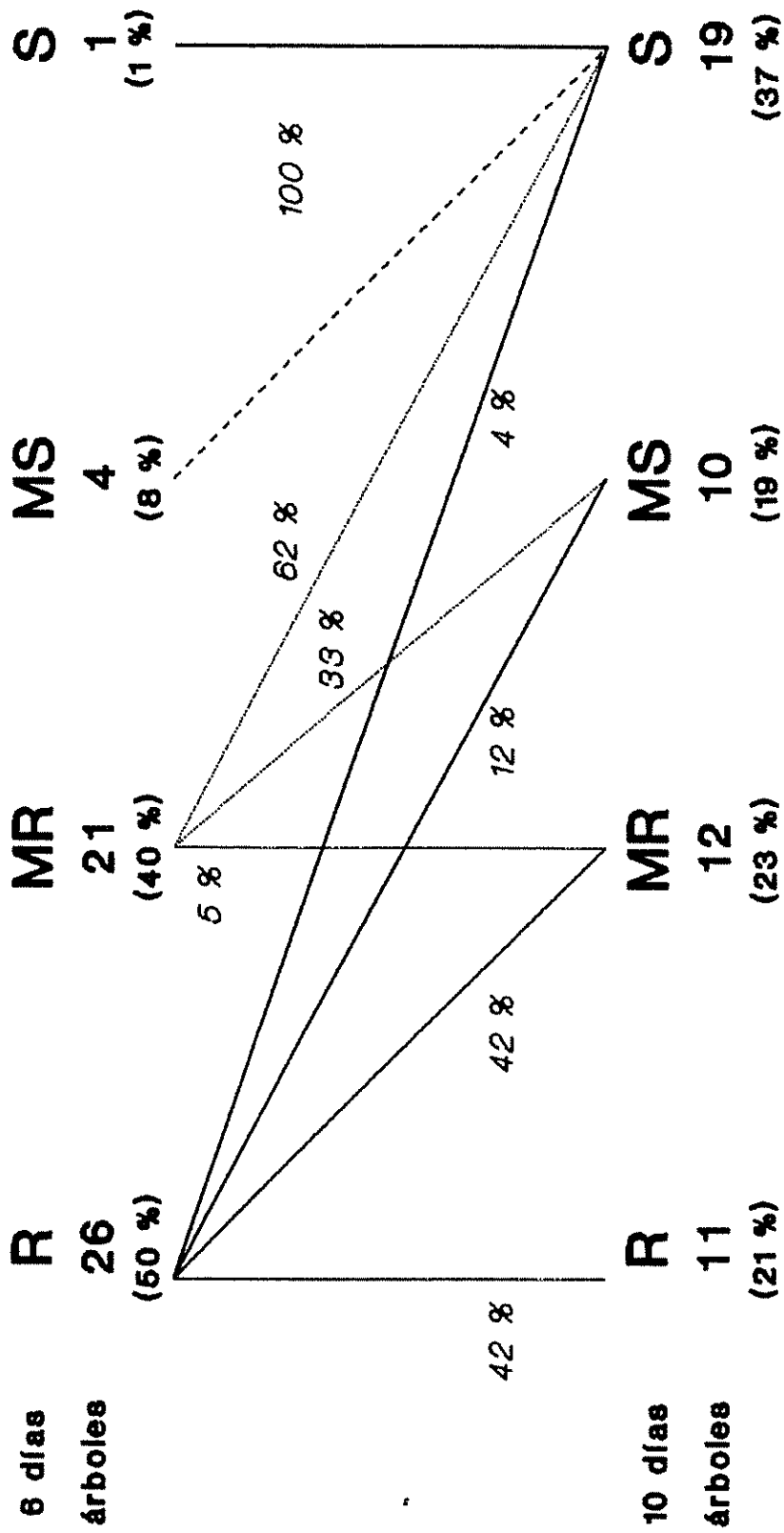


Figura 15. Cambio en la reacción a la mazorca negra (*P. palmivora*) a los 6 y 10 días después de la inoculación. Turrialba, 1991.

resistentes a moderadamente susceptibles, ya que la diferencia en cuanto a severidad es mínima y quizás esto no influya en que los frutos puedan convertirse en frutos cosechados, si se toma en cuenta que el ataque de la enfermedad *P. palmivora* ocurre, por lo general, cuando los frutos tienen una edad de cinco meses (Turner, 1965).

La amplia segregación en la respuesta de los árboles del cruce Catongo X Pound-12 a *P. palmivora*, se debe a la heterocigocidad del cacao, la cual ha sido encontrada para otras características (Zentmyer, 1987). Esta segregación ya ha sido encontrada por otros autores (Turner, 1965; Firman y Vernon, 1970; Firman, 1978).

Según los resultados obtenidos en éste estudio la resistencia a *P. palmivora* no está dada por un gen simple y la naturaleza comparativa de los resultados indican que las diferencias en esos genes entre árboles resistentes y susceptibles fueron cuantitativos más que cualitativos.

Al hablar de varios genes involucrados en la respuesta, se está hablando de resistencia horizontal, la cual es más ventajosa que la vertical, debido a la gran variabilidad que presenta *P. palmivora* y que podría en cualquier momento quebrar la resistencia si ésta fuera de tipo vertical, lo que sería muy riesgoso en un cultivo perenne como es el cacao.

Los árboles que resultaron resistentes poseen un mayor número de genes para resistencia obtenidos de la combinación de la información genética de los padres, por otro lado los

árboles susceptibles no poseen o poseen muy pocos genes de resistencia.

De acuerdo con los resultados obtenidos se pueden tomar como árboles promisorios para resistencia a *P. palmivora* los árboles que fueron calificados como resistentes y moderadamente resistentes, que en éste caso serían 23 árboles de los 52 evaluados, es decir, el 44 % de la población evaluada. Sin embargo es de hacer notar que la resistencia se midió bajo las condiciones de Turrialba y utilizando la cepa 964 de *P. palmivora*, por lo que sería de utilidad probar estos materiales bajo otras condiciones ambientales y con otros aislamientos ya que algunos autores señalan la variabilidad patogénica de éste hongo y la influencia de factores ambientales en la incidencia de la enfermedad (Gregory, 1972).

Con respecto a la sombra, no hubo diferencias significativas entre los árboles bajo la sombra de Poró (*Erythrina poeppigiana*) y Laurel (*Cordia alliodora*). Esto debido quizás a que se trató de una inoculación artificial y no un estudio de campo en donde son más determinantes los factores climáticos tales como precipitación, temperatura y humedad relativa. El uso de la cámara húmeda tiene la ventaja de que además de asegurar la humedad necesaria para el hongo, uniformiza las condiciones de humedad de las evaluaciones, de manera que éstas son menos dependientes de la humedad externa, la cual no solo varía con la localidad, sino también con la hora del día y con la época del año (Phillips, 1986).

La incidencia natural del patógeno fue baja en el área experimental, lo que sumado a que el desarrollo de la lesión ocurrió en el punto de la inoculación, permite asegurar que la infección se debió a la inoculación artificial.

3. Compatibilidad

En la Figura 16 se observa el resultado de las autopolinizaciones realizadas en 86 árboles del cruce Catongo X Pound-12.

Tomando en cuenta el 40 % de prendimiento a los 10 días como el mínimo para designar que un árbol es autocompatible, se obtuvo que 41 árboles (48 %) fueron autocompatibles y 45 árboles autoincompatibles (52 %). Se tomó el 40 % de prendimiento, para proporcionar mayor solidez a la prueba y evitar la influencia de errores que se pudieron haber cometido al momento de realizar la polinización.

El valor de χ^2 (Cuadro 3), calculada a partir de los resultados obtenidos, se ajusta a una proporción esperada de 1:1. Consecuentemente, dado que el Catongo es autocompatible, de acuerdo con Knight y Rogers (1955), debe poseer alelos en condición homocigota para esta característica y dado que el Pound-12, es autoincompatible, debe poseer un alelo para compatibilidad, ya que confiere este alelo a la descendencia autocompatible que posee un alelo S_0 del progenitor Catongo (Bartley y Cope, 1973); Enríquez y Cabanilla (1969).

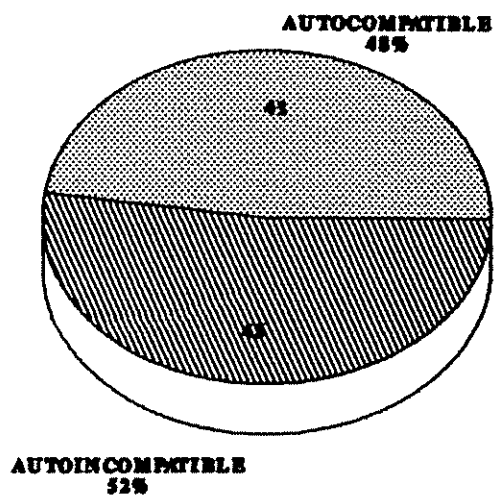


Figura 16. Distribución de los árboles de cacao de acuerdo a la compatibilidad del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

Cuadro 3. Prueba de χ^2 para compatibilidad de los árboles del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

	Autocompatible	Autoincompatible	Suma
Observado	41	45	86
Esperado	43	43	86
Dif ² /esperado	0,09	0,09	0,18= χ^2

$$\chi^2_{(0,05,1)} = 3,84$$

Al comparar el rendimiento en peso seco y el número de mazorcas obtenido por los árboles pertenecientes a cada grupo de compatibilidad, se encontró diferencias significativas para estas características, entre los árboles autocompatibles y autoincompatibles (Cuadro 8A). Además se encontró diferencia significativa para los años y la interacción compatibilidad X año.

En los árboles autocompatibles se obtuvo un promedio de 24,3 mazorcas por árbol y 1048,8 Kg/ha/año de cacao seco, en tanto que, para los árboles autoincompatibles, estos valores fueron de 18,4 y 823,5 respectivamente.

Lockwood (1977), encontró que en las progenies, en las cuales la mitad de los árboles eran autocompatibles, estos obtenían mayor rendimiento que los árboles autoincompatibles. Asimismo Voelcker (1938), observó que los árboles autocompatibles produjeron más número de frutos que los autoincompatibles.

En las Figuras 17 y 18 se observa la producción de frutos y rendimiento en cacao seco de los árboles

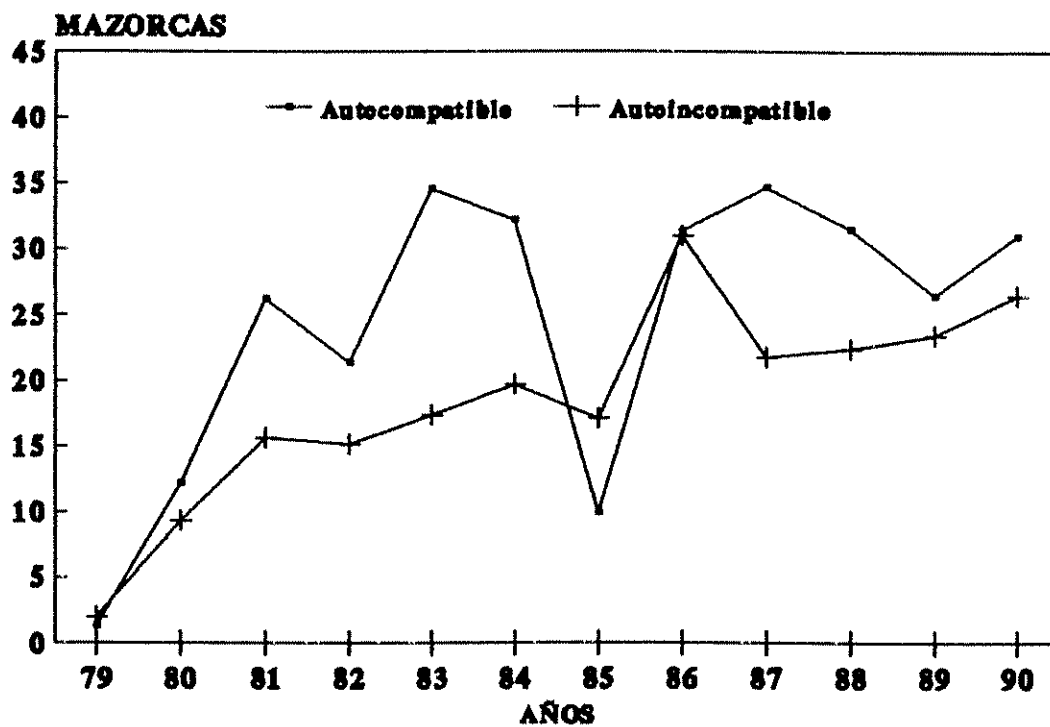


Figura 17. Número de mazorcas sanas de cacao según compatibilidad del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

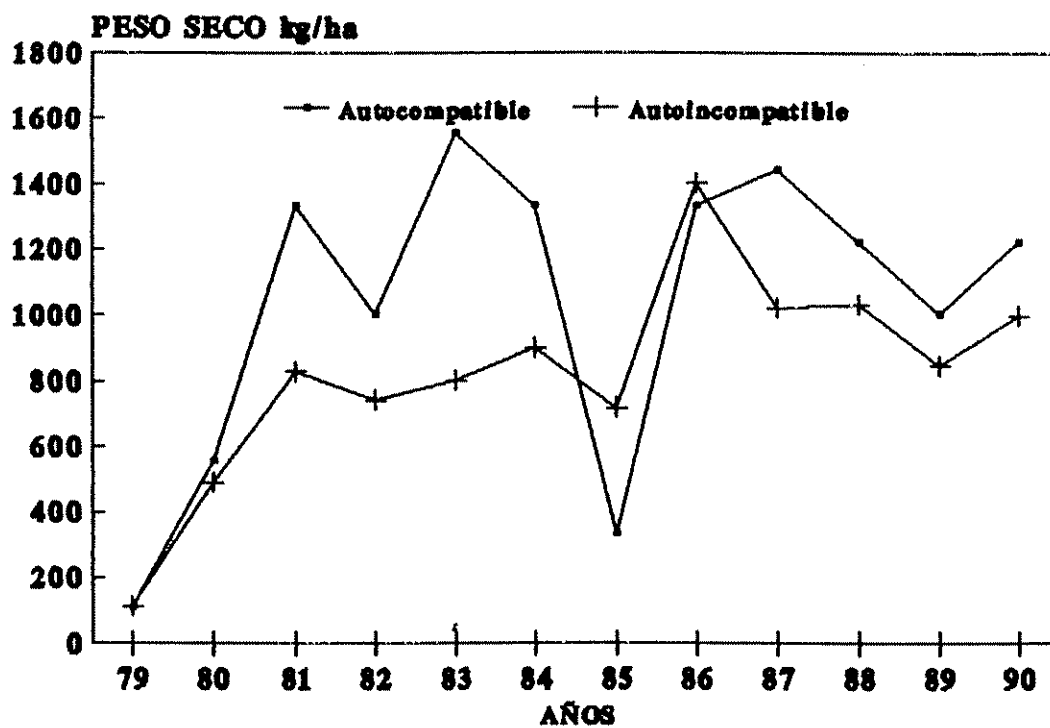


Figura 18. Rendimiento de cacao según compatibilidad del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

autocompatibles y los autoincompatibles durante 12 años de registros. Durante todo el periodo los árboles autocompatibles rindieron más, excepto en el año de 1985, en que los árboles autoincompatibles fueron superiores y en el año 1986, en que el comportamiento fue similar en los dos grupos de árboles.

En las Figuras 17 y 18 se puede observar adicionalmente, que los árboles autoincompatibles presentan, para ambas variables, valores más estables que los autocompatibles. Este resultado es contrario a lo expuesto por Lokwood (1977), quien de acuerdo a su trabajo afirma que en los árboles autoincompatibles se observan fluctuaciones anuales de rendimiento más pronunciadas que en los autocompatibles. Según éste autor esa mayor variación es debida a que los árboles autoincompatibles dependen más de los insectos polinizadores, de la presencia de polen y otros factores, que los árboles autocompatibles.

Se obtuvieron coeficientes de correlación y regresión entre el rendimiento en peso seco y el número de mazorcas a través de los 12 años de estudio, tanto para los árboles autocompatibles como para los árboles autoincompatibles. Utilizando los coeficientes de regresión se obtuvieron los índices de mazorca respectivos resultando para los dos grupos de árboles un índice de mazorca promedio de 26 frutos/Kg de cacao seco (Cuadro 4).

De acuerdo con el Cuadro 4 el índice de mazorca presenta una amplia fluctuación a través de los 12 años en los dos

grupos de árboles, lo que sugiere que existe una gran variabilidad en el número y peso de las almendras por mazorca por árbol de año a año.

Cuadro 4. Índices de mazorca y coeficientes de correlación y regresión entre rendimiento y número de mazorcas para árboles autocompatibles y autoincompatibles del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

años	Correlación		Regresión		Índice Mazorca	
	AC	AI	AC	AI	AC	AI
1979	0,98	0,97	45,3	46,6	22	21
1980	0,98	0,82	43,2	41,9	23	24
1981	0,96	0,89	48,4	48,2	21	21
1982	0,94	0,94	39,7	42,2	25	24
1983	0,94	0,92	38,5	41,2	26	24
1984	0,93	0,94	35,3	39,7	28	25
1985	0,96	0,85	33,0	37,4	30	27
1986	0,89	0,92	36,4	40,4	27	25
1987	0,97	0,79	37,6	40,5	26	25
1988	0,92	0,94	33,6	40,7	30	25
1989	0,94	0,81	31,7	29,0	31	34
1990	0,93	0,87	36,5	31,2	27	32
1979-1990	0,92		38,3		26	

AC = Autocompatible
AI = Autoincompatible

En resumen el 50 % de los árboles del cruce estudiado fueron autocompatibles y estos produjeron más que los autoincompatibles. El conocimiento de la compatibilidad es importante al momento de establecer poblaciones provenientes de cruces interclonales, así como para realizar algunas prácticas culturales como polinización artificial en aquellos árboles autoincompatibles, con lo cual el rendimiento en la plantación aumentaría considerablemente.

4. Fenología

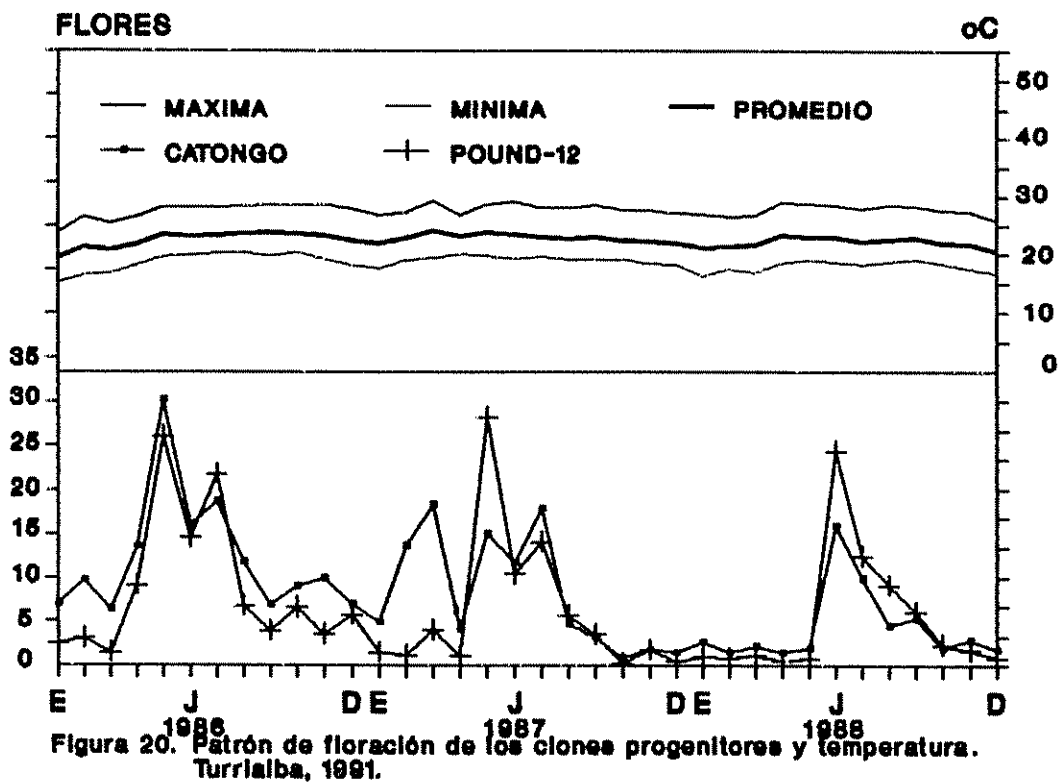
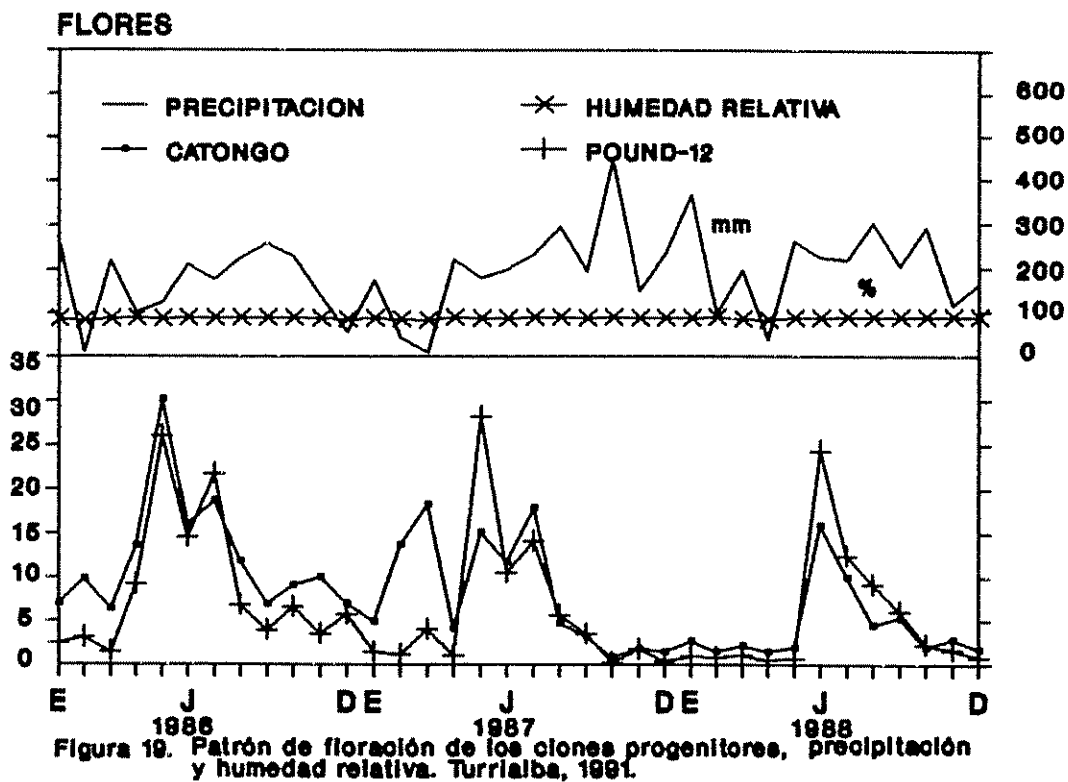
4.1 Floración

En el Cuadro 9A se observa que durante el periodo estudiado, no hubo diferencia significativa en cuanto a la floración para los clones Catongo y Pound-12, los cuales produjeron flores durante todo el periodo. Asimismo, hubo diferencia significativa para las demás fuentes de variación excepto para la interacción quincena por clon.

El análisis de varianza para la floración en el cruce Catongo X Pound-12 (Cuadro 10A) presentó diferencia significativa para los años, quincenas y sus interacciones pero no para los tipos de sombra.

Las Figuras 19 y 20 muestran el patrón de floración de los clones relacionados con la precipitación y la humedad relativa (Figura 19) y las temperaturas máxima, mínima y promedio (Figura 20). En la Figura 21 se muestra el patrón de floración del cruce relacionado con los dos tipos de sombra. Tanto para los clones como para el cruce, la máxima floración ocurrió en los meses de junio y julio durante los tres años estudiados, existiendo un segundo pico de floración, pero menos intenso en agosto y octubre. Los periodos de declive de la floración ocurrieron inmediatamente después de los picos de floración; por lo que los picos de floración fueron muy cortos.

La floración más intensa ocurrió en la primera mitad de la estación lluviosa como también lo indica Young (1984), y



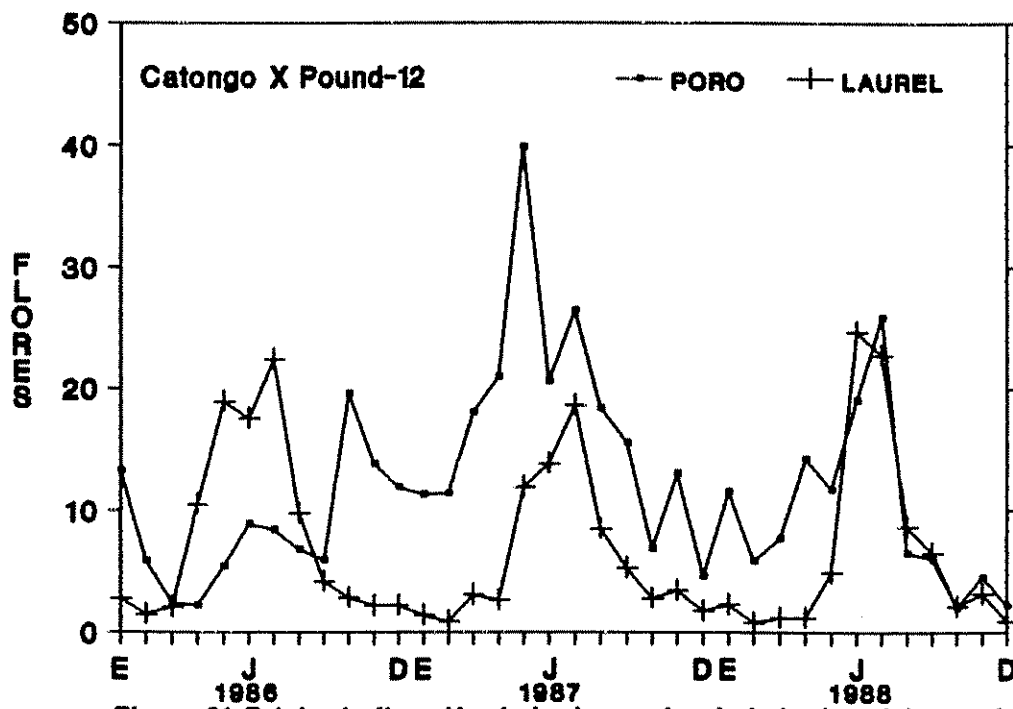


Figura 21. Patrón de floración de la descendencia bajo dos sistemas de sombra. Turrialba, 1991.

los periodos menos productivos ocurrieron inmediatamente después de los meses con exceso de lluvia.

Entre los meses de febrero a abril ocurrió un descenso en la floración. Esto se explica con un descenso en las lluvias, efecto también observado por Alvim (1966). Este descenso de la lluvia, tuvo un efecto significativo en la floración del cacao bajo la sombra del laurel, posiblemente debido, a que la sombra del laurel es menos densa que la del poró, por lo que se retuvo una menor cantidad de humedad bajo este tipo de sombra.

Se obtuvieron coeficientes de correlación entre los caracteres fenológicos y los parámetros climáticos, tomados 15 y 30 días antes del conteo, para observar la influencia del clima en la inducción de los patrones fisiológicos del árbol de cacao. Para los frutos con madurez fisiológica la correlación se hizo con los parámetros climáticos del momento y de 150 días antes del conteo, es decir, al momento de la floración.

La floración tanto en el Catongo como en el Pound-12, tuvo correlación con la temperatura mínima y promedio 15 días antes de la floración (Cuadro 11A). Parece ser que la floración se estimula con un aumento en la temperatura en un periodo de más o menos 15 días antes, como lo establece Sale (1969).

La floración del cruce bajo los dos sistemas de sombra tuvo correlación positiva con la temperatura máxima, mínima y promedio de 15 y 30 días antes del conteo (Cuadro 12A).

Existe discrepancia entre los autores con relación a los patrones de floración y el medio ambiente. Sale (1970), encontró relación entre la floración y la humedad relativa; Alvim, Machado y Vello (1972) no encontraron ninguna relación de éste patrón con los parámetros climáticos.

En las Figuras 19, 20 y 21, se observa que si la lluvia se mantiene, también se mantiene la floración; lo que podría sugerir que lo importante no es la intensidad de la precipitación sino la distribución de la misma. Es conocido que en muchas regiones cacaoteras la distribución de las lluvias es el factor más importante en el control de la floración. En la Costa Pacífica de Costa Rica, por ejemplo, donde hay un periodo de sequía desde diciembre hasta marzo, la floración se reduce y desaparece completamente; pero vuelve a intensificarse con las lluvias de abril y mayo. Similar situación presentan Trinidad, Ghana y Nigeria (Alvim, 1957).

El Cuadro 13A muestra que, para ambos clones, el número de flores no se correlacionó con ninguna otra característica fenológica, excepto en el Pound-12, en que se correlacionó con la incidencia de mazorca negra.

En el Cuadro 14A se observa, que en los árboles bajo laurel, la floración tuvo una correlación positiva con el número de frutos pequeños. Young (1984) encontró que la producción de frutos pequeños tiene una relación directa con la floración. Además se encontró una correlación negativa entre la floración y el número de frutos con madurez

fisiológica, esto sugiere que existe una competencia entre la cantidad de flores y el número de frutos por una o varias sustancias nutritivas, cuya concentración está dirigida a la producción de flores (Alvim, Machado y Vello, 1972).

Por lo general, altas producciones de frutos pequeños por árbol, ocurren inmediatamente después de una alta floración, supuestamente debido a una mayor actividad de los insectos polinizadores en la plantación que son atraídos por las inflorescencias.

El Catongo produjo en promedio ocho flores por árbol; mientras que el Pound-12 produjo siete. Para el cruce el promedio para los árboles bajo la sombra de poró fue de 12,5 flores por árbol, mientras que para los árboles bajo sombra de laurel fue de 7,3 flores (Cuadro 5). En consecuencia, el cruce Catongo X Pound-12 produjo 30 % más flores que los clones en promedio. Esto debido quizás al mayor vigor de los árboles del cruce con respecto a los padres y/o a la diferencia en cuanto al microclima de la plantación.

Existen pocos estudios acerca del comportamiento de las descendencias en cacao, con respecto a los patrones de floración y la influencia de los padres. Paredes, Enríquez y Koderá (1987), encontraron que las progenies estudiadas se comportaban en forma diferente a los progenitores y que los cruces variaban su comportamiento con relación a los padres; es decir, algunos cruces respondieron con cierta similitud al padre mientras que otros a la madre.

Cuadro 5. Promedio de los caracteres fenológicos en los progenitores y el cruce interclonal. Turrialba, 1991.

Carácter	Progenitores		Sombra		Progenie
	Catongo	Pound-12	Poró	Laurel	F ₁
Número flores	8,4	6,8	12,5	7,3	9,9
Frutos (2 meses)	1,2	1,6	1,6	0,9	1,2
Frutos (4 meses)	0,8	0,9	1,2	0,7	0,9
Frutos (6 meses)	0,4	0,6	0,8	0,6	0,7
Frutos (cosecha)	1,9	2,1	1,7	1,2	1,4
Frutos (cherelle)	1,7	1,5	1,3	0,4	0,8
Frutos (m. negra)	0,4	0,4	--	--	--
Presencia brotes	10,0	9,0	5,4	4,4	5,0

4.2 Fructificación

No hubo diferencia entre los clones y su descendencia para los frutos pequeños, sin embargo, la descendencia produjo menos frutos a la cosecha. En el Catongo un 5 % de la floración se convirtió en fruto con madurez fisiológica y un 1,1 % en fruto de cosecha; en el Pound-12 un 9 % de la floración se convirtió en fruto con madurez fisiológica y un 1,5 % en fruto de cosecha. En la progenie por su parte un 7 % de la floración se convirtió en fruto con madurez fisiológica y un 0,7 % en fruto de cosecha, lo cual demuestra que el patrón de fructificación es bastante similar (Cuadro 5). Esto confirma lo expuesto por Cope (1939) quien afirmó que de la floración total en cacao aproximadamente solo el 7,5 % llega a ser fruto maduro en aquellos materiales de alto rendimiento y menos del 4,2 % en los de bajo

rendimiento como lo mencionan Asomaning, Kwakwa y Hutcheon (1971).

En el Cuadro 11A se observa que la cantidad de frutos pequeños en el Catongo tuvo correlación con la temperatura máxima, mínima y promedio así como con la humedad relativa, parámetros registrados 15 días antes. Asimismo se observa que para Pound-12 el número de frutos pequeños no se correlacionó con ningún parámetro climático.

El número de frutos con madurez fisiológica en Catongo se tuvo correlación positiva con la temperatura máxima de 150 días anteriores (5 meses), es decir, a la floración. En el Pound-12, este patrón fenológico se correlacionó con la temperatura mínima y la temperatura promedio. Estos datos son similares a los encontrados por Alvim (1957).

El número de frutos pequeños bajo sombra de poró, tuvo una correlación positiva con todos los parámetros climáticos de 15 y 30 días antes del conteo. En los árboles bajo la sombra de laurel presentó correlación positiva con las temperaturas máxima y mínima y con la humedad relativa del mismo periodo (Cuadro 12A). Esto sugiere que los frutos están más influenciados por los parámetros climáticos cuando están en sus primeras etapas de crecimiento y es aquí donde algunas prácticas culturales, como fertilización, son importantes para el buen endimientamiento del árbol.

El número de frutos pequeños (Figuras 22 y 23) tuvo un comportamiento similar con el número de frutos con madurez fisiológica (Figuras 24 y 25) tanto en los clones como en el

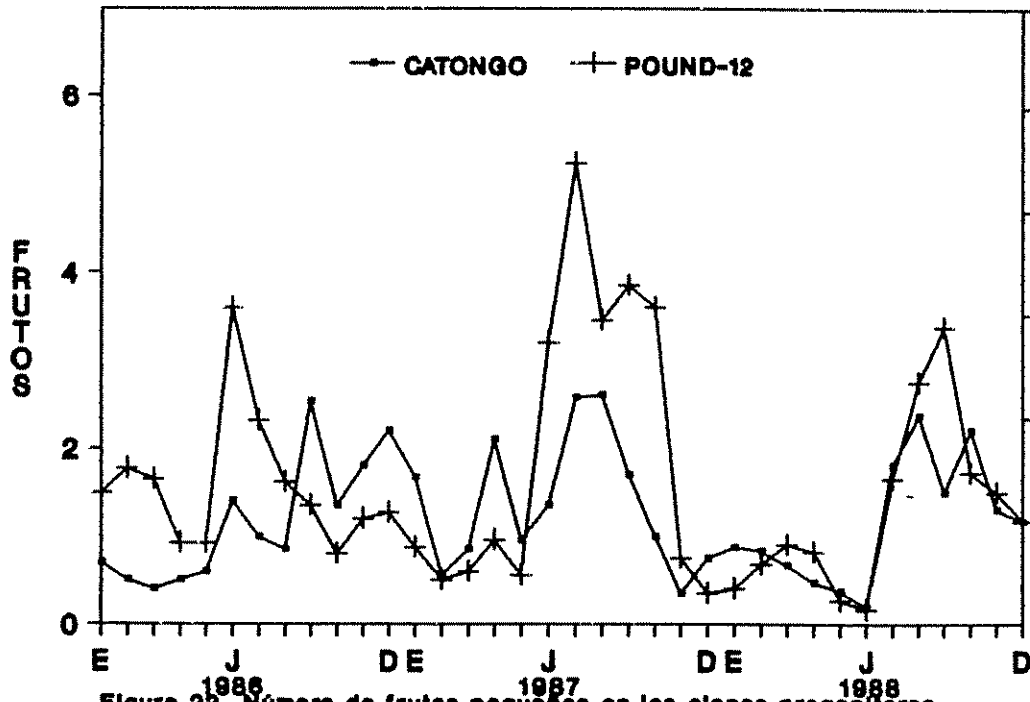


Figura 22. Número de frutos pequeños en los clones progenitores . Promedio de 20 árboles. Turrialba, 1991.

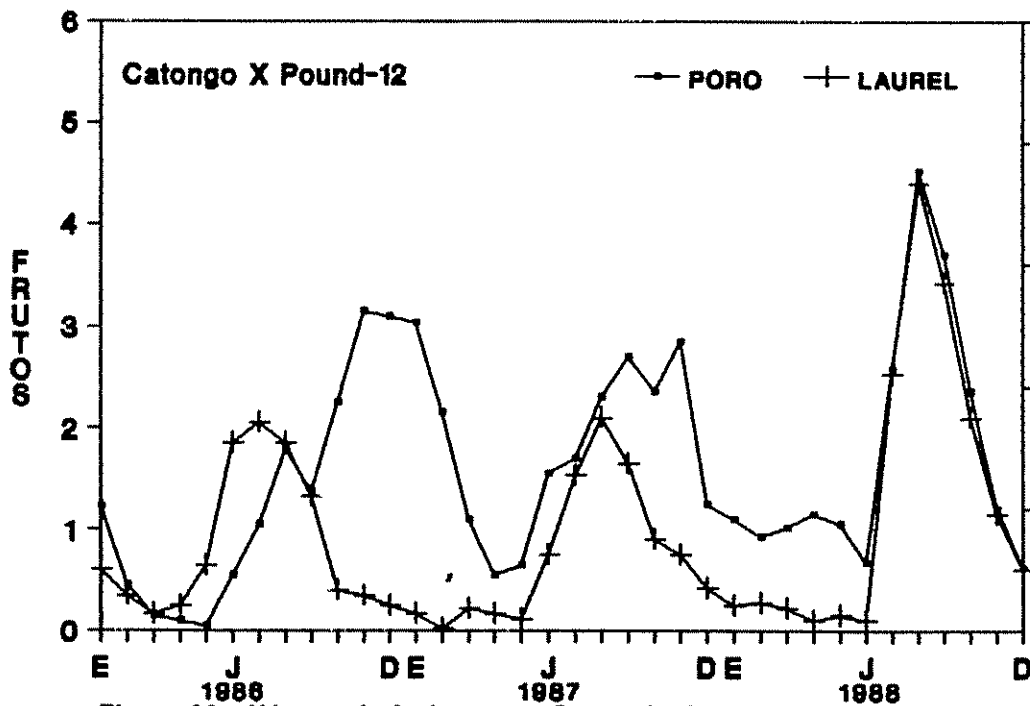


Figura 23. Número de frutos pequeños en la descendencia, bajo dos sistemas de sombra. Turrialba, 1991.

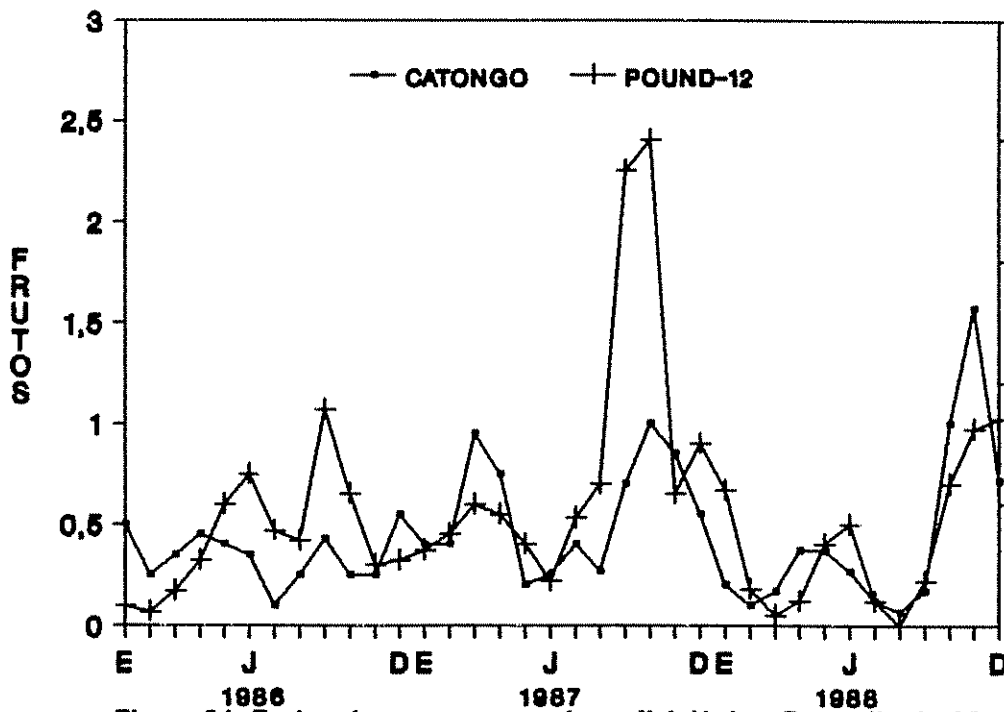


Figura 24. Frutos de cacao con madurez fisiológica. Promedio de 20 árboles. Clones progenitores. Turrialba, 1991.

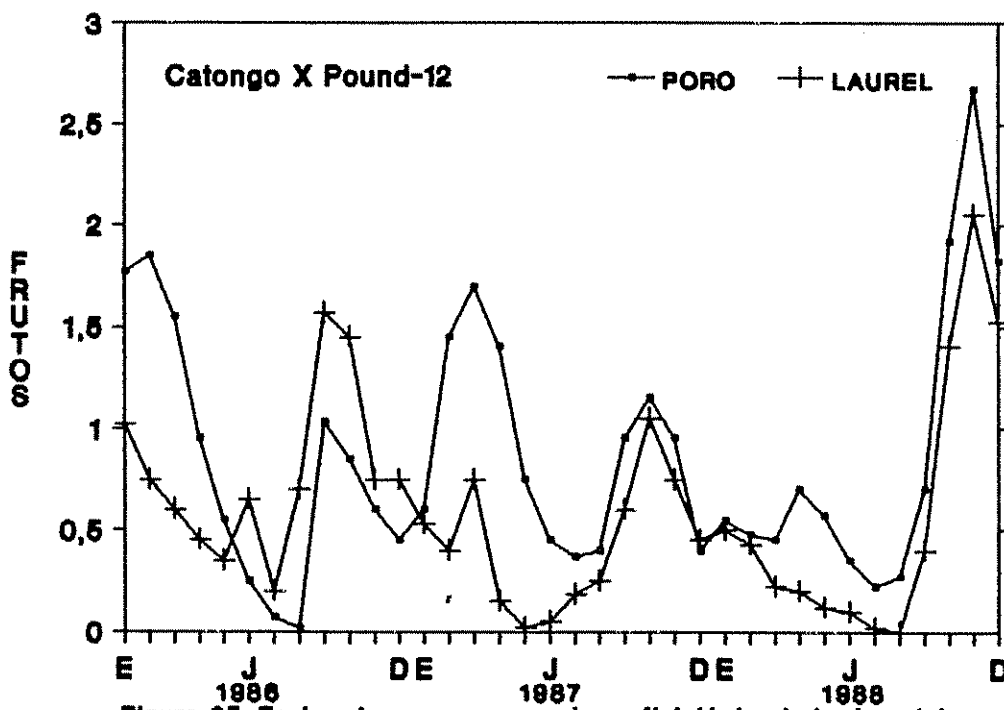


Figura 25. Frutos de cacao con madurez fisiológica bajo dos sistemas de sombra. Descendencia. Turrialba, 1991.

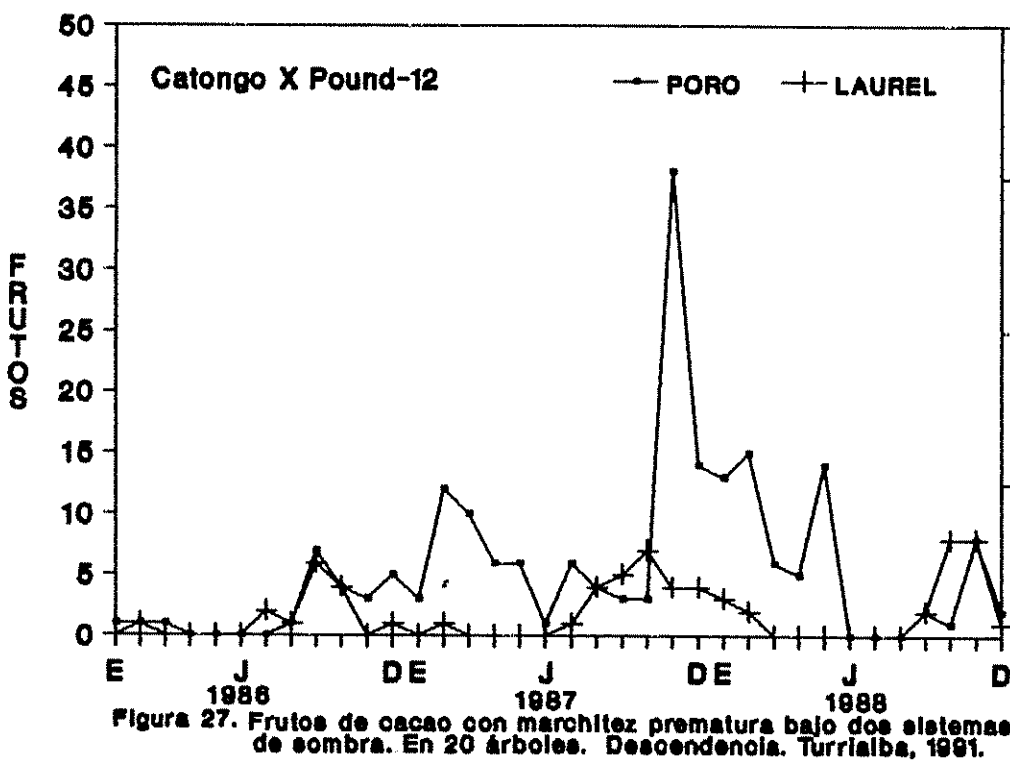
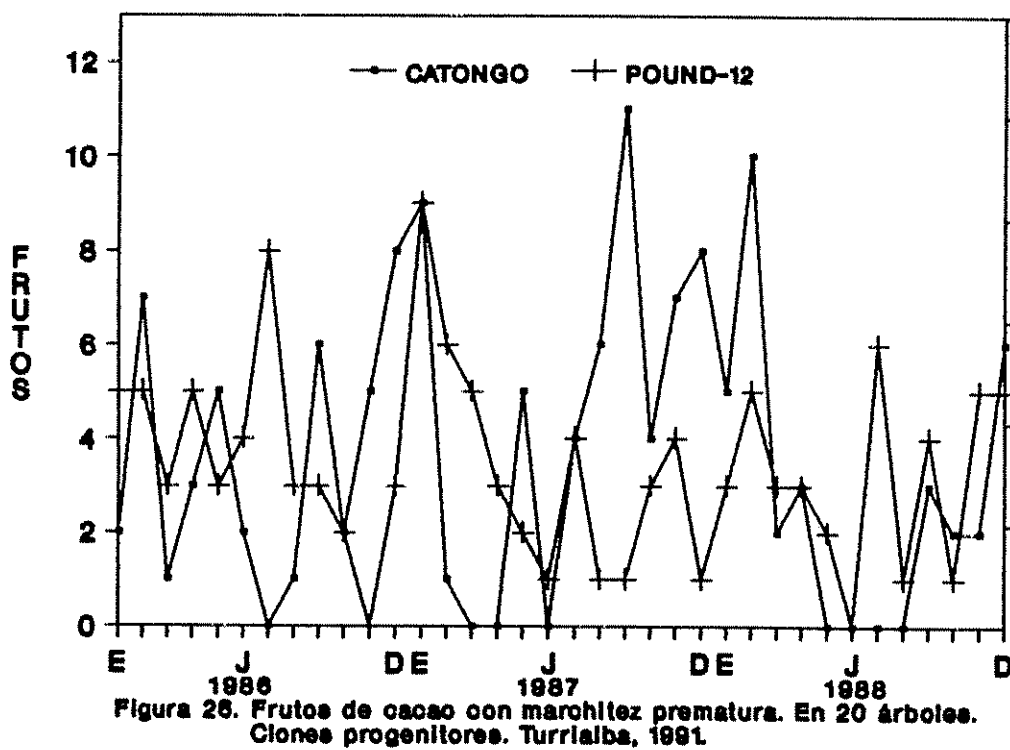
cruce. La época en que se presentó bajo número de frutos con madurez fisiológica corresponde a los meses de mayor floración. Trojer (1968) y Soria (1970) describen los ciclos vegetativos que oscilan cada cinco a seis meses partiendo de la floración hasta la cosecha.

En Catongo el número de frutos pequeños tuvo correlación con la incidencia de mazorca negra provocada por *Phytophthora palmivora* (Cuadro 13A). Esto puede explicar que a pesar de que Catongo tuvo una mayor producción de flores, al final tuvo el menor número de frutos con madurez fisiológica (Cuadro 5); es decir, el desarrollo de frutos pequeños a la madurez se vio más afectado.

No hubo diferencia significativa para el número de mazorcas (Cuadro 10A) entre los tipos de sombra, a pesar de que el cacao bajo laurel produjo menor cantidad de flores en el periodo estudiado. Según Asomaning, Kwakwa y Hutcheon (1971), existe la posibilidad que el microclima de la sombra menos densa sea más atractiva para los insectos polinizadores o más favorable para su actividad o multiplicación.

4.3 Marchitez prematura (Cherelle wilt) y Mazorca negra (*Phytophthora palmivora*)

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran la similitud entre los frutos de los dos clones y del cruce Catongo X Pound-12 para el marchitamiento prematuro (Figuras 26 y 27). El número promedio de frutos con marchitamiento



para ambos clones fue de 0,1 frutos/árbol mientras que para el cruce fue de 0,05 (Cuadro 5).

Si se suma el número de frutos pequeños con el número de frutos con marchitamiento se obtiene que en Catongo el 10 % de los frutos producidos tuvieron marchitamiento y en Pound-12 el 6 % de los frutos. Mckelvie (1956), indica que la edad de mayor incidencia del marchitamiento prematuro sucede cuando los frutos están en las primeras semanas de desarrollo después de la fecundación.

El Cuadro 11A muestra que en Catongo la incidencia de marchitez prematura tuvo correlación positiva con la precipitación y humedad relativa, y negativa con la temperatura promedio 30 días antes del muestreo. En el Pound-12 esta incidencia tuvo correlación negativa con la temperatura máxima, mínima y promedio de 15 y 30 días antes, lo cual concuerda con lo encontrado por algunos autores (Alvim, 1954; Sale, 1969). Estos resultados muestran que la incidencia de marchitez prematura es bastante afectada por los parámetros climáticos, lo mismo que los frutos pequeños.

El Cuadro 12A muestra que la incidencia de la marchitez prematura de los frutos en cacao bajo la sombra del poró no tuvo correlación con los parámetros climáticos, pero la incidencia en los árboles bajo laurel si tuvo correlación positiva con la precipitación 15 días antes y la humedad relativa 15 y 30 días antes. La mayor cantidad de frutos con marchitez prematura ocurrió cuando hubo periodos de alta precipitación. Alvim (1954) encontró los mismos resultados y

sugiere que se debe a la falta de aireación del suelo y a la translocación de los nutrientes.

Alvim, Machado y Vello (1972) opinan que la incidencia de marchitez prematura puede estar relacionada con la alta producción de frutos y con la competencia entre éstos por las sustancias nutritivas. El Cuadro 14A corrobora lo anterior ya que la incidencia de la marchitez prematura en los árboles de cacao bajo la sombra de laurel tuvo correlación positiva con los frutos con madurez fisiológica. Así a medida que aumenta el desarrollo del fruto aumenta también la competencia por nutrientes con los frutos pequeños, lo cual ocasiona que algunos de ellos se marchiten, como una regulación interna del árbol (Mckelvie, 1956).

Bajo la sombra de poró se encontró mayor cantidad de frutos con marchitamiento fisiológico. Alvim (1954) encontró, bajo una sombra densa, mayor cantidad de frutos jóvenes con marchitamiento prematuro. Sin embargo, Asomanig, Kwakwa y Hutcheon (1971), probaron varios tipos de sombra y encontraron que la mayor cantidad de frutos con daños, ocurrió bajo una sombra menos densa. Estos mismos autores sugirieron que la mejor forma de presentar este dato es en forma de porcentaje y no en números absolutos. El bajo porcentaje de marchitez fisiológica bajo sombra menos densa, se puede deber a que existen mejores condiciones para la actividad fotosintética, a su vez se produce más follaje tierno y éste es capaz de producir mayor cantidad de

carbohidratos reduciendo la incidencia del marchitamiento prematuro de los frutos.

La incidencia de la mazorca negra fue muy similar en los clones estudiados. Ambos clones presentaron una media de 0,4 frutos por cada 20 árboles. Si se toma en cuenta los frutos con madurez fisiológica, la incidencia de la mazorca negra fue de 5 % en Catongo y de 3 % en Pound-12, lo cual también explica en parte porque el Pound-12 tuvo igual o mayor cantidad de frutos cosechados aún produciendo menos flores.

La mazorca negra tuvo una correlación negativa con la temperatura mínima y promedio de 15 días antes en ambos clones y además positiva con la precipitación de 30 días antes en Pound-12 (Cuadro 11A). La incidencia de la enfermedad en Catongo tuvo correlación negativa con el número de frutos pequeños y positivamente con los frutos con marchitamiento (Cuadro 13A).

La incidencia de mazorca negra en los árboles del cruce Catongo X Pound-12 no se analizó debido a que ésta fue bastante baja.

4.4 Presencia de brotes

Bajo ambas sombras la presencia de brotes fue similar en los dos clones. El catongo tuvo un promedio de 10 árboles con presencia de brotes y el Pound-12 de 9, mientras el cruce tuvo un promedio de 5 árboles (Cuadro 5).

En ambos clones este carácter tuvo correlación negativa con la humedad relativa, registrada 15 y 30 días antes

(Cuadro 11A). Por su parte el número de árboles con brotes bajo la sombra de poró tuvo correlación negativa con la humedad relativa 15 días antes de la toma de los datos, mientras que en los árboles bajo la sombra de laurel tuvo una correlación negativa con la humedad relativa de 15 y 30 días antes y la precipitación de 15 días antes (Cuadro 12A). Lo anterior puede indicar que al ocurrir las lluvias los árboles florecen y disminuyen su brotación, debido a que las sustancias nutritivas son destinadas a la floración (Greenwood y Posnette, 1950).

El Cuadro 14A muestra que el número de árboles con brotes en el cacao bajo la sombra del poró no tuvo ninguna correlación significativa con las otras características de crecimiento. Sin embargo en los árboles bajo laurel la brotación tuvo correlación negativa con el número de frutos pequeños y con madurez fisiológica. Existe, aparentemente, una competencia por nutrientes entre las características de producción de frutos y la brotación en el árbol, las cuales están influenciadas por la humedad relativa.

V. DISCUSION GENERAL

Los resultados obtenidos en este estudio, indican la importancia de la evaluación de los cruces interclonales de cacao, la cual debe ser hecha con el objeto de observar el tipo de segregación de las principales características en la descendencia y obtener materiales que además de tener altos rendimientos, cumplan con otras características importantes como son resistencia a las principales enfermedades, compatibilidad y adaptación a la zona de producción.

Según Ruinard (1961), la gran variabilidad de los caracteres en el cacao es una ventaja, ya que se puede encontrar genotipos superiores, los cuales pueden ser seleccionados para ser distribuidos a los agricultores o ser incorporados a los programas de mejoramiento de los centros de investigación.

En este sentido, se observó la amplia variabilidad en los árboles del cruce Catongo X Pound-12, para los componentes de rendimiento, reacción a la enfermedad mazorca negra (*Phytophthora palmivora*) y compatibilidad.

En el cuadro 15A se observan los árboles incluidos en el estudio con sus principales características, en el que se pueden separar los mejores árboles.

La reacción de los árboles a la mazorca negra parece ser independiente del rendimiento alto o bajo, del árbol individual. Es decir, se encontraron árboles de excelente rendimiento que fueron resistentes así como también susceptibles, lo mismo sucedió con los árboles de baja

producción, estos datos fueron similares a los encontrados por Soria y Esquivel (1970).

En la prueba de compatibilidad se encontró que los árboles del grupo autocompatible tuvieron un mejor rendimiento que los árboles del grupo autoincompatible, pero al hacer el análisis por árbol individual en el Cuadro 15A se observa que la compatibilidad parece ser independiente del rendimiento, ya que en los árboles con alta producción algunos fueron autocompatibles y otros fueron autoincompatibles. Sin embargo, la razón de esa independencia puede ser debida al espacio que ocupan los árboles en la parcela, ya que los árboles autoincompatibles de alto rendimiento podrían estar ubicados entre árboles autocompatibles y de allí que la polinización cruzada pudo haber jugado un papel importante, ya que la proporción entre árboles autocompatibles y autoincompatibles fue de 1:1.

La relación entre la reacción a la mazorca negra y compatibilidad también parece ser independiente. Se encontró variación en la reacción a mazorca negra tanto en los árboles autocompatibles como autoincompatibles.

Los resultados obtenidos en la evaluación de la descendencia del cruce Catongo X Pound-12, permitieron observar algunas diferencias entre los progenitores y de estos con la descendencia.

El Cuadro 6 muestra el perfil genético de los progenitores y su descendencia para las principales características evaluadas en este estudio. Se puede observar

Cuadro 6. Perfil genético de los clones Catongo y Pound-12 y el cruce entre ambos para las distintas características evaluadas. Turrialba, 1991.

Genotipos	Rendimiento Kg/ha/año	Características de rendimiento		Indice	Reacción a Compatibilidad		
		No. de mazorcas semillas g.	No. de peso seco semillas g.		mazorca	mazorca negra	
Catongo 1/	400,0 a/	13,0	34,3	0,9	30,8	0,9	Susceptible Autocompatible
Pound-12 1/	400,0 a/	12,0	41,0	0,8	27,9	0,8	Susceptible Autoincompatible
Catongo X Pound-12	774,5	17,7	34,2	1,3	23,1	1,3	21 % R 29 % MR 19 % MS 37 % S
Diferencia 2/	374,5	5,2	-3,4	0,4	-6,2	0,4	50 % AC 50 % AI

1/ Los datos para los clones fueron obtenidos por Engels (1981), excepto el rendimiento.

2/ Diferencia entre el cruce y el promedio de los progenitores.

a/ Comunicación personal del Ing. Alfredo Paredes, Programa Cacao, CATIE.

el mejor comportamiento del cruce con respecto a sus padres para todas las características, excepto para el número de semillas por mazorca. Estos resultados reflejan la existencia de distancias genéticas entre los progenitores y de un alto grado de heterocigocidad en los mismos, lo cual da indicio de un alto grado de heterosis en la descendencia, ocasionando lo que se denomina vigor híbrido.

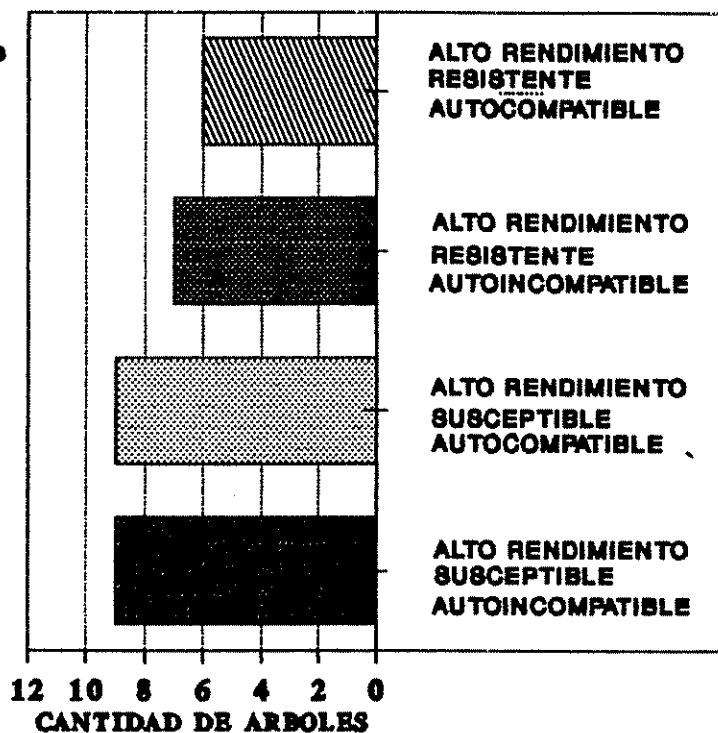
Según Cornide, Lima, Galvez y Sigarroa (1985), la expresión de heterosis en la descendencia depende de las diferencias en las frecuencias génicas entre los progenitores, para un carácter dado, y de la presencia de dominancia en los genes que determinan este carácter.

Es importante hacer notar que en este trabajo no se puede hablar de heterosis específica, ya que no se contó con el cruce recíproco y que los resultados para los progenitores, excepto la reacción a mazorca negra, fueron obtenidos en estudios anteriores (Engels, 1981) y bajo otras condiciones ambientales, lo que podría influir en los resultados de heterosis obtenidos en este estudio.

Finalmente, tomando en cuenta los mejores árboles, en cuanto a rendimiento (árboles de alta a excelente producción), se obtuvieron algunos grupos de importancia, los cuales se muestran en la Figura 28.

El primer grupo lo constituyen 6 árboles, los cuales representan el 5 % de la población total evaluada. Estos árboles, denominados élites, pueden ser seleccionados para su propagación clonal, ya sea por medios vegetativos

Figura 28.
Agrupación de los árboles
por sus cualidades en
rendimiento, reacción a
mazorca negra y compati-
bilidad. Turrialba, 1991.



tradicionales o por medio de cultivos in vitro, y ser probados en diferentes condiciones de clima y a otras enfermedades importantes como moniliasis causada por *Moniliophthora roreri*. Lo anterior aumentaría la intensidad de selección y por consiguiente el progreso genético, en cuanto a los caracteres de importancia en este grupo.

En el Cuadro 7 se identifican los árboles élitos, los cuales están situados en el Experimento Central del CATIE.

Cuadro 7. Ubicación de los 6 mejores árboles del cruce Catongo X Pound-12, por su rendimiento, resistencia a mazorca negra y compatibilidad. Turrialba, 1991.

Arbol	Parcela	Identificación	Tipo de Sombra
82	46	A-09	Poró
100	47	A-11	Poró
51	44	A-10	Laurel
95	46	A-28	Poró
58	44	A-21	Laurel
120	48	A-17	Poró

Actualmente, una de las herramientas más importantes en el mejoramiento genético de las plantas, es la biotecnología. El CATIE, realiza estudios tendientes a la obtención del mapa genético del cacao utilizando, entre los materiales, al Catongo y al Pound-12. En este sentido, los resultados obtenidos en esta investigación, son de mucha importancia en el avance de estos estudios.

VI. CONCLUSIONES

-Se observó una amplia variabilidad en los componentes del rendimiento, características de la mazorca, reacción a mazorca negra y compatibilidad, evaluados en los árboles del cruce Catongo X Pound-12.

-Solamente un 33.6 % de la descendencia, presentó una producción de alta a excelente, mientras que un 45 % una producción de baja a muy baja.

-No hubo diferencia en cuanto a rendimiento, y resistencia a mazorca negra entre los árboles bajo la sombra de Poró y los árboles bajo la sombra de Laurel.

-La amplia segregación obtenida en el rendimiento y en la reacción a mazorca negra fue debida a la heterocigocidad y a las distancias genéticas de los progenitores para estos caracteres, lo cual también permitió la presencia de heterosis en la descendencia, asumiendo que no existe efecto recíproco para estas características.

-No se encontró diferencias significativas en la reacción a mazorca negra entre los clones Catongo, Pound-12 y el cruce entre ambos. Sin embargo, de acuerdo a la escala de severidad empleada para la evaluación, el cruce fue menos afectado por la enfermedad que los progenitores.

-Existió una importante diferencia al evaluar la reacción de los materiales a los seis y diez días. Se considera que la evaluación al décimo día es el mejor periodo

para calificar los materiales y seleccionar los árboles resistentes.

-El 48 % de los árboles del cruce Catongo X Pound-12 fue autocompatible, mientras que el 52 % fue autoincompatible, obteniéndose según la prueba de X^2 una proporción de 1:1.

-Los árboles autocompatibles tuvieron un mayor número de mazorcas y un mejor rendimiento en peso seco que los autoincompatibles.

-El patrón fenológico de los árboles de cacao, tanto de los clones Catongo y Pound-12, como de su descendencia, fue afectado por los parámetros climáticos de la zona, principalmente la temperatura.

-La floración, como principal carácter fenológico se distribuyó durante todo el año, así como la precipitación; deduciendo que lo importante no es la intensidad de las lluvias, sino su distribución.

-Los árboles de cacao bajo la sombra del poró fueron menos influenciados por los parámetros climáticos que los árboles bajo la sombra de laurel. Esto quizás explica porque la producción de frutos cosechados fue similar, a pesar de que los árboles bajo sombra de laurel produjeron menor cantidad de flores.

-Se obtuvieron 6 árboles, los cuales representan el 5 % de la población evaluada, que mostraron alto rendimiento, resistencia a mazorca negra y autocompatibilidad, por lo que se consideraron árboles elite.

VII. RECOMENDACIONES

-Realizar estudios similares en los demás cruces interclonales de cacao existentes en el CATIE, con el objeto de estudiar la segregación en cuanto a características de rendimiento, resistencia a las principales enfermedades y compatibilidad.

-Incorporar los mejores árboles obtenidos, dentro de un programa de mejoramiento genético, con el objeto de evaluar su comportamiento per se y su combinación con otros genotipos élites del CATIE.

-Multiplicar los árboles élites obtenidos, ya sea vegetativamente o por medio de cultivo in vitro, con el fin de evaluarlos bajo otras condiciones ambientales y seleccionar los de mejor adaptación.

-Evaluar la reacción a otras enfermedades, principalmente a moniliasis (*Moniliophthora roreri*), de los árboles encontrados resistentes y moderadamente resistentes a mazorca negra.

-Evaluar los árboles adicionales que no pudieron ser evaluados por falta de flores y frutos durante la época de este estudio.

-Establecer nuevos ensayos de cacao con genotipos uniformes bajo los dos sistemas de sombra y aumentar el número de repeticiones, con el objeto de dilucidar en mejor forma el efecto del tipo de sombra sobre el cacao.

VIII. LITERATURA CITADA.

- AHENKORAH, Y. 1979. The influence of environment on growth and production of the cacao tree: Soils and nutrition. *In* International Cocoa Research Conference (7, 1979, Douala, Camerún). Proceedings. Camerún, Alianza de Productores de Cacao. p 167-174.
- ALVIM, P. DE T. 1954. Studies on the cause of cherelle wilt of cacao. *Turrialba (C.R.)* 4(2):72-78.
- _____. 1957. Correlación entre precipitación, temperatura y rendimiento de cacao. *In* Conferencia Interamericana de Cacao (6, 1957, Salvador, Bahía, Brasil). Bahía, Instituto de Cacao. p 133-136.
- _____. 1966. Factors affecting flowering of the cocoa tree. *Cocoa Growers' Bulletin (G. B.)* 7:15-19.
- _____; MACHADO, A. D.; VELLO, F. 1972. Physiological responses of cacao to environmental factors. *In* International Cocoa Research Conference (4, 1972, St Augustine, Trinidad). Proceedings. Port of Spain, Government of Trinidad y Tobago. p 210-225.
- _____. 1979. Recent studies on environmental physiology of cacao. *In* International Cocoa Research Conference (7, 1979, Douala, Camerún). Proceedings. Camerún, Alianza de Productores de Cacao. p 85-89.
- ASARE, A.; AMPONSAH, J. D.; NUAMAH, G. E. A. 1972. Nursery diseases of cocoa in Ghana. 1, Pre- and post-emergence deaths of seedlings caused by *Phytophthora palmivora*. *Ghana Journal of Agricultural Science (Ghana)* 5:127-133.
- ASOMANING, E. J. A.; KWAKWA, R. S.; HUTCHEDON, W. V. 1971. Physiological studies on an amazon shade and fertilizer trial at the Cocoa Research Institute, Ghana. *Ghana Journal of Agricultural Science (Ghana)* 4(1):47-64.
- ATANDA, O. A.; JACOB, V. J. 1975. Yield characteristic of *Theobroma cacao L.* with special reference to studies in Nigeria. *Revista Thebroma (Bra)* 5(3):21-36.
- BARROS, N. O. 1972. Resultado de la comparación de tres orígenes de semillas sexuales, en el rendimiento comercial de cacao. *Cacaotero Colombiano (Col.)* 1:20-24.
- BARTLEY, B. G. 1971. Procedures for the selection of varieties for comercial planting. *In* International Cocoa Research Conference (3, 1969, Acrra, Ghana). Proceedings. Tafo, Ghana, Cocoa Research Institute. p. 584-589.

- BARTLEY, B. G.; COPE, F. W. 1973. Practical aspects of self-incompatibility in *Theobroma cacao* L. In Agricultural genetics; Selected topics. Ed. by R. Moav. New York, John Wiley. p 109-134.
- CARLETTO, G. A.; SORIA, V. J. 1973. Testes de graus de autocompatibilidade em cacauero (*Theobroma cacao* L.). Revista Theobroma (Bra.) 3(1):26-35.
- _____. 1979. Producao e avaliacao de cultivais. In Centro de Pesquisas do Cacao, Bahia (Bra.) Informe técnico s.n. 109 p.
- CHEE, K. H. 1974. Hosts of *Phytophthora palmivora*. In Gregory, P. H. Phytophthora disease of cocoa. London, Logman. p 81-87.
- CHEESMAN, E. E.; POUND, F.J. 1932. Uniformity trials. Tropical Agriculture (Trinidad) 9(9):277-288.
- _____; POUND, F.J. 1934. Further notes on criteria of selection in cacao. Annual Report on Cacao Research. Imperial College of Tropical Agriculture (Trinidad) 3:21-24.
- COPE, F. W. 1939. Studies in the mechanism of self-incompatibility in cacao. Annual Report on Cacao Research Imperial College of Tropical Agriculture (Trinidad) 8:20-21.
- _____. 1962. The mechanism of pollen incompatibility in *Theobroma cacao* L. Heredity (G. B.) 17:157-182.
- CORAL, F. J.; SORIA, V. J. 1972. Diferentes graus de autocompatibilidade em *Theobroma cacao* L. In International Cocoa Research Conference (4, 1972, St. Augustine, Trinidad y Tobago). Proceedings. Trinidad y Tobago. p 77-81.
- CORNIDE, M. T.; LIMA, H.; GALVEZ, G.; SIGARROA, A. 1985. Genética vegetal y fitomejoramiento. La Habana, Cuba, Editorial Científico-Técnica. 639 p.
- EDWARDS, D. F. 1973. Pollination studies on upper amazon cocoa clones in Ghana in relation to the production of hibrid seed. Journal of Horticultural Science (G.B.) 48:247-259.
- ENGELS, J. M. M. 1981. Genetic resources of cacao. A catalogue of the CATIE collection. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba (C.R.) Technical Bulletin no 7. 196 p.

- ENGELS, J. M. M. 1986. The systematic description of cacao clones and its significance for taxonomy and plant breeding. Ph.D. tesis. Wageningen, Holanda, agricultural university. 125 p.
- ENRIQUEZ, G. A.; CABANILLA, L. H. 1969. Estudios de compatibilidad en cacao híbrido (*Theobroma cacao*) en una hacienda de Ecuador. In International Cocoa Research Conference (3, 1969, Accra Ghana). Proceedings. Tafo, Ghana, Cocoa Research Institute. p. 560-564.
- _____; SORIA, V. J. 1977. Mejoramiento genético para resistencia a cinco enfermedades de cacao. Turrialba, C. R., CATIE. 25 p.
- _____; PAREDES, L. A. 1981. Establecimiento de 6 híbridos de cacao por el método de renovación "Turrialba". In Conferencia Internacional de Investigación en Cacao (8, 1981, Cartagena, Col.). Proceedings. Lagos, Nigeria.
- _____; SALAZAR, L. G. 1987. Cacao varietal resistance to *Phytophthora palmivora* and its inheritance at Turrialba, Costa Rica. In Meetings of the American Regional Group on *Phytophthora palmivora* on Cacao (1980, Turrialba, C. R.). Ed. por G. A. Enriquez; G. A. Zentmyer. CATIE (C. R.). Reporte Técnico no. 126. p 19-20.
- ESQUIVEL, O.; SORIA, V. J. 1967. Algunos datos sobre la variabilidad de algunos componentes del rendimiento en poblaciones de híbridos interclonales de cacao. Cacao (C.R.) 12(4):1-8.
- _____. 1973. Estudios sobre la reacción de resistencia de algunos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) a la pudrición de frutos causada por *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. en la región Atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 106 p.
- FIRMAN, I. D.; VERNON, A. J. 1970. Cocoa canker caused by *Phytophthora palmivora*. Annals of Applied Biology (G.B.) 65(1):65-73.
- _____. 1978. Natural incidence of canker on Amelonado and híbrid cocoa in Fiji and results from artificial inoculation with *Phytophthora palmivora*. Tropical Agriculture (Trinidad) 55(3):269-272.
- FRIEND, D. 1972. Seasonal variation in black pod disease in the British Solomon Islands Protectorate. In Internatioanal Cocoa Research Conference (4, 1972, St. Augustine Trinidad y Tobago). Proceedings. Trinidad y Tobago p 473-482.

- GLENDINNING, D. R. 1960. The relationship between growth and yield in cocoa varieties. *Euphytica* (Holanda) 9:351-355.
- GREENWOOD, M.; POSNETTE, A. F. 1950. The growth flushes of cacao. *Journal of Horticultural Science* (G. B.) 25:164-174.
- GREGORY, P. H. 1972. Cocoa: The importance of black pod disease. *Journal of the Agricultural Society of Trinidad y Tobago* (Trinidad) 72(2):155-160.
- _____. 1972. Further thoughts on black pod research. *In* International Cocoa Research Conference (4, 1972, St. Augustine Trinidad y Tobago). Proceedings. Trinidad y Tobago p 328-330.
- _____; MADDISON, A. C. 1981. Problems of black pod epidemiology. *In* Epidemiology of *Phytophthora* on cocoa in Nigeria. Final report of the International Cocoa Black Pod Research Project. Ed by P. H. Gregory; A. C. Maddison. Commonwealth Mycological Institute (G. B.) Paper No. 25. p 12-17.
- HARDY, F. 1961. Manual de cacao. Turrialba, C. R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 439 p.
- HOLDRIDGE, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, C. R., IICA p 1-53.
- ICCO. 1991. Resumen estadístico. *Boletín del Cacao* (G. B.) No. 2:1.
- JACOB, V. J.; TOXOPEUS, H. 1971. The effect of pollinator parent on the pod value of hand pollinated pods of *Theobroma cacao* L.. *In* International Cocoa Research Conference (3, 1969, Tafo, Ghana). Proceedings. Tafo, Ghana, Cocoa Research Institute. p. 556-559.
- _____; ATANDA, O. A. 1975. Compatibility and fruit setting in *Theobroma cacao* L.. *Revista Theobroma* (Bra.) 5(2):12-18.
- KNIGHT, R.; ROGERS, H. H. 1955. Incompatibility in *Theobroma cacao* L. *Heredity* (G.B.) 9:69-77.
- KUPPERS, J. R. 1952. Some biometric observations on cacao fruit. *Science* (EE. UU.) 117:354-355
- LAWRENCE, J. S. 1978. Evaluation of methods for assessing resistance of cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivars and híbridos to *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler. Centro de Pesquisas do Cacao, Bahía (Bra.), *Boletín técnico* no. 62. 46 p.

- LAWRENCE, J. S. 1978. Screening of cacao cultivars for resistance to *Phytophthora palmivora* in the collection at CATIE, Costa Rica. *Revista Theobroma (Bra.)* 8:125-131.
- _____; LUZ, E. D. M. N. 1987. Progress of the program on resistance of cacao to *Phytophthora spp.* causing Phytophthora pod rot in Bahia, Brasil. *In* Meeting of the American Regional Group on *Phytophthora palmivora* on Cacao (1980, Turrialba, C. R.). Ed. por G. A. Enriquez y G. A. Zentmyer. CATIE (C. R.). Reporte Técnico no. 126. p 11-12.
- LEE, B. S.; VARGHESE, G. 1974. Studies on the genus *Phytophthora* in Malaysia, 2. Reproduction and sexuality. *Malaysian Agricultural Research (Malaysia)* 3:137-144.
- LOCKWOOD, G. 1977. Studies on the effects of cross-incompatibility on the cropping of cacao in Ghana. *Journal of Horticultural Science (G. B.)* 52:113-126.
- LOPEZ, B. D. 1982. Caracterización de genotipos de compatibilidad presentes en 32 clones de cacao seleccionados en el Campo Agrícola Experimental Rosario Izapa. Rosario Izapa, Mex, INIA, Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacífico Sur. 13 p.
- _____. 1984. Herencia de ciertos caracteres de la semilla del cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., UCR-CATIE. 93 p.
- LUNA, C. M. 1987. Species of *Phytophthora* from cacao growing areas of Brazil. *In* Meeting of the American Regional Group on *Phytophthora palmivora* on Cacao (1980, Turrialba, C. R.). Ed. por G. A. Enriquez y G. A. Zentmyer. CATIE (C. R.). Reporte Técnico no. 126. p. 3-4.
- MCKELVIE, A. D. 1956. Cherelle wilt of cacao. Pod development and its relation to wilt. *Journal of Experimental Botany (G. B.)* 7(20):252-263.
- MAMEDIO, O. R.; MULLER, M. W. 1983. Influencia de la remoción foliar sobre la fenología de los árboles de cacao expuestos al sol y a la sombra. *Revista Theobroma (Bra.)* 13(3):203-210.
- MARTIN, E. J. 1982. Efectos de polinización controlada en cacao. *In* International Cocoa Research Conference (8, 1981, Cartagena, Col.). Proceedings. Lagos, Nigeria. p 57-60.

- MONGE, A.; JIMENEZ CH., T.; PORRAS, V. H. 1986. Estudio fenológico y patológico de una plantación comercial de cacao en zona fluca, San Carlos. *In* Congreso Agronómico Nacional (7, 1986, San José, C.R.) Resúmenes. San José, C.R. p. 29-30.
- MORERA, J. A.; MORA, A. 1991. Performance of cacao hybrid under two shade systems at CATIE, Costa Rica. *In* International Cocoa Conference (1991, Kuala Lumpur, Malaysia). Proceedings. Kuala Lumpur Malaysian Cocoa Growers Council.
- PAREDES, L. A.; ENRIQUEZ, G. A.; KODERA, Y. 1987. Patrones de floración en clones y sus descendencias. *In* Conferencia Internacional de Investigación en Cacao (10, 1987, Santo Domingo, República Dominicana). Informe. Lagos, Nigeria. p 647-655.
- PHILLIPS, W. 1986. Evaluación de la resistencia de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) a *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 100 p.
- _____; ENRIQUEZ, G. A. 1988. Catálogo de cultivares de cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (C.R.). Boletín Técnico No 18. 60 p.
- _____; GALINDO, J.J. 1989. Método de inoculación y evaluación de la resistencia a *Phytophthora palmivora* en frutos de cacao (*Theobroma cacao*). Turrialba (C.R.) 39(4):488-496.
- _____; GALINDO, J. J. 1990. Efecto de la inoculación artificial de *Phytophthora palmivora* en tres cultivares de cacao y sus híbridos. *In* Sociedad Americana de Fitopatología. División del Caribe. XXX Reunión Anual. Mayaguez, Puerto Rico. p. 38.
- POUND, F. J. 1932. The principles of cocoa selection. Proceeding of the Agricultural Society of Trinidad y Tobago (Trinidad) 32(4):122-127.
- REYES, C. P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. México, AGT Editor. 460 p.
- ROBLES, S. R. 1986. Genética elemental y fitomejoramiento práctico. México, Limusa. 477 p.
- ROCHA, H. M.; VELLO, F. 1969. Estudios sobre resistencia do cacau (*Theobroma cacao* L.) *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. *In* International Cocoa Research Conference (3, 1969, Tafo Ghana). Proceedings. Ghana. p 430-438.

- RODRIGUEZ, G. R. 1983. Herencia de la reacción del cacao (*Theobroma cacao* L.) a la pudrición de la mazorca causada por *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 79 p.
- RODRIGUEZ, V. A. 1987. Tentativa de estudio de algunos aspectos de epidemiología de Mazorca Negra (*Phytophthora palmivora*. Butl) en la zona de San Carlos de Junio a Diciembre de 1987. Tesis Ing. Agr. Santa Clara, San Carlos, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Agronomía. 40 p.
- RUINARD, J. 1961. Variability of various pod characters as a factor in cocoa selection. *Euphytica* (Holanda) 10:134-146.
- SALE, P. J. M. 1969. Flowering of cacao under controlled temperature conditions. *Journal of Horticultural Science* (G. B.) 44:163-173.
- _____. 1970. Growth and flowering of cacao under controlled atmospheric relative humidities. *Journal of Horticultural Science* (G. B.) 45:119-132.
- SITAPAI, E. C.; KENNEDY, A. J. 1987. Genetics aspects of resistance to *Phytophthora palmivora* disease. In International Cocoa Research Conference (10, 1987, Santo Domingo, República Dominicana). Proceedings. Lagos, Nigeria. p 633-636.
- SORIA, J. 1964. El vigor híbrido y su uso en el mejoramiento genético en cacao. *Fitotecnia Latinoamericana* (Venezuela) 1(1):59-78.
- _____. 1966. Obtención de clones de cacao por el método de índices de selección. *Turrialba* (C.R.) 16(2):119-124.
- _____; ESQUIVEL, O. 1968. Algunos resultados del programa de mejoramiento genético de cacao en el IICA, Turrialba. *Cacao* (C. R.) 13(2):1-9.
- _____. 1970. La periodicidad del cacao bajo condiciones del bosque tropical húmedo en Turrialba y La Lola, Costa Rica. *Cacao* (C.R.) 15(4):1-4.
- _____; ESQUIVEL, O. 1970. Resistencia a *Phytophthora palmivora*. *Cacao* (C.R.) 15(3):5-6.
- _____; OCAMPO, F.; PAEZ, G. 1973. Parental influence of several cacao clones on the yield performance of their progenies. *Turrialba* (C.R.) 24(1):58-65.

- SREENIVASAN, T. N.; PERSAD, C. 1982. Two additional methods for inoculation of seeds of cocoa for evaluating resistance against *Phytophthora palmivora* (BUTL.) In International Cocoa Research Conference (8, 1981, Cartagena, Col.). Proceedings. Lagos, Nigeria. p 439-443.
- _____. 1987. Morphological forms of *Phytophthora* on cacao. In Meeting of the American Regional Group on *Phytophthora palmivora* on Cacao (1980, Turrialba, C.R.) Ed. por G. A. Enriquez y G. A. Zentmyer. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Costa Rica). Reporte Técnico No. 126. p 1.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE J. H. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. Trad. R. Martínez. México, Interamericana de México. 622 p.
- TERREROS, J. R.; CHAVARRO, G. T.; OCAMPO, F. 1976. Determinación de los genotipos de incompatibilidad o compatibilidad en varios clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Acta Agronómica (Col.) 26(3-4):70-75.
- TOXOPEUS, H.; JACOB, V. J. 1970. Studies on pod and bean values of *Theobroma cacao* L. in Nigeria, 2. Number of beans per pod, with special reference to the natural pollination process. Netherlands Journal of Agricultural Science (Holanda) 18:188-194.
- TROJER, H. 1968. El clima y el desarrollo de la producción de cacao en la finca "La Lola". Cacao (C.R.) 13(4):1-9.
- TURNER, P. D. 1965. Comparative sporulation as an indication of resistance by cacao to *Phytophthora* pod rot. Tropical Agriculture (Trinidad) 42(4):305-309.
- VERA, B. J. 1969. Estudio de la compatibilidad en híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis Ing. Agr. Guayaquil, Ecuador, Universidad de Guayaquil. 41 p.
- VOELCKER, O. J. 1938. Self-incompatibility in cacao, 2. In Annual Report on Cacao Research-Imperial College of Tropical Agriculture (Trinidad) 7:2-5.
- VOGEL, M.; MACHADO, R.; ALVIM, P. DE T.. 1981. Remoción de órganos jóvenes como método para evaluar las interacciones fisiológicas de crecimiento, floración y fructificación de cacao. In International Cocoa Research Conference (8, 1981, Cartagena, Col.). Proceedings. Lagos, Nigeria. p 215-222.
- YAMADA, M. M.; BARTLEY, B. G. D.; CASTRO, G. C. T.; MELO, G. R. 1982. Herença do fator compatibilidade em *Theobroma cacao* L. 1 Relações fenotípicas na família PA (Parinari). Revista Theobroma (Bra.) 12(3):163-167.

- YOUNG, A. M. 1984. Flowering and fruit setting patterns of cocoa trees (*Theobroma cacao* L.) (Sterculiaceae) at three localities in Costa Rica. Turrialba (C.R.) 34(2):129-142.
- ZENTMYER, G. A. 1968. Resistance of four cacao varieties to *Phytophthora palmivora*. Phytopathology (EE.UU.) 58(5):554.
- _____; MIRCETICH, S. M.; MITCHELL, D. M. 1968. Test for resistance of cacao to *Phytophthora palmivora*. Plant Disease Reporter (EE.UU.) 52(10):790-791.
- _____. 1987. Meeting of the American Regional Group on *Phytophthora palmivora* on Cacao (1980, Turrialba, C. R.). Ed. por G. A. Enriquez y G. A. Zentmyer. CATIE (C. R.). Reporte Técnico no. 126. p 1-2.

IX. APENDICE

Cuadro 1A. Ubicación en el Experimento Central de los árboles del cruce interclonal Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

Arbol	Parcela	Sombra
Del 1 al 16	41	Laurel
Del 17 al 32	42	Laurel
Del 33 al 48	43	Laurel
Del 49 al 64	44	Laurel
Del 65 al 80	45	Poró
Del 81 al 96	46	Poró
Del 97 al 112	47	Poró
Del 113 al 128	48	Poró

Cuadro 2A. Cuadrado medio estimado para el peso seco y número de mazorcas de cacao, cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

F. V.	G. L.	Cuadrado medio	
		Peso seco	No. de mazorcas
Tipo de sombra	1	163800,6 ns	11,5 ns
Repetición(sombra)	2	767925,1 ns	47,5 ns
Error	115	1516926,1	116,6

ns No significativo.

Cuadro 3A. Coeficientes de correlación entre los componentes de rendimiento. Promedio de 40 frutos/árbol de cacao.
Cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

	Mazorca		Cáscara		No.		Indice	
	Longitud	Peso	Máximo	Mínimo	almendras	óvulos	semilla	mazorca
Longitud de mazorca	0,26 **	0,61 **	0,31 **	0,20 *	0,14 ns	0,03 ns	0,40 **	-0,46 **
Díámetro de mazorca		0,83 **	0,71 **	0,71 **	0,12 ns	0,12 ns	0,46 **	-0,45 **
Peso de mazorca			0,74 **	0,72 **	0,18 *	0,15 ns	0,56 **	-0,60 **
Grosor máximo de cáscara				0,90 **	-0,12 ns	0,07 ns	0,13 ns	-0,12 ns
Grosor mínimo de cáscara					-0,01 ns	0,17 ns	0,11 ns	-0,12 ns
Número de almendras						0,39 **	0,36 **	-0,53 **
Número de óvulos l/							0,02 ns	-0,14 ns
Peso seco de la semilla								-0,89 **
Indice de mazorca								
Indice de semilla								-0,58 **

l/ Promedio de 10 flores por árbol

** Significativo al 1 %

* Significativo al 5 %

ns No significativo

Cuadro 4A. Cuadrado medio para el diámetro de lesión de frutos inoculados con *P. palmivora* y evaluados a los 6 y 10 días. Turrialba, 1991.

F. V.	G.L.	Cuadrado medio	
		(6 días)	(10 días)
Clon	1	13,0 ns	19,3 ns
Inoculación	3	29,8 **	83,2 **
Clon*Inoculación	3	16,9 *	110,5 **
Error	72	5,7	19,0

** Significativo al 1 %

* Significativo al 5 %

ns No significativo

Cuadro 5A. Reacción a *P. palmivora* de los clones Catongo, Pound-12 y el cruce entre ambos. Evaluación a los 6 días. Turrialba, 1991.

Inoculación	Catongo	Pound-12	Catongo X Pound-12
I	2,9	3,4	2,4
II	3,6	4,5	2,7
III	3,8	2,3	2,2
IV	7,5	4,3	2,5
Promedio	4,45	3,62	2,45

Cuadro 6A. Reacción a *P. palmivora* de los clones Catongo, Pound-12 y el cruce entre ambos. Evaluación a los 10 días. Turrialba, 1991.

Inoculación	Catongo	Pound-12	Catongo X Pound-12
I	5,5	8,7	4,9
II	10,0	12,2	6,2
III	12,9	5,5	6,4
IV	12,7	10,5	6,0
Promedio	10,27	9,22	5,87

Cuadro 7A. Cuadrado medio estimado para la severidad de *P. palmivora* en el cruce Catongo X Pound-12 a los 6 y 10 días de la inoculación. Turrialba, 1991.

F. V.	G.L.	Cuadrado Medio	
		(6 días)	(10 días)
Tipo de sombra	1	2,3 ns	9,8 ns
Parcela(sombra)	2	12,0 *	183,7 **
Inoculaciones	3	11,3 ns	55,4 ns
Inoc*parc(sombra)	9	6,4 *	51,1 *
Arbol(sombra*parc.)	48	22,7 **	153,8 **
Inoc*árbol(somb*parc.)	96	2,8 ns	20,7 ns
Error	478	3,0	20,3

** Significativo al 1 %

* Significativo al 5 %

ns No significativo

Cuadro 8A. Cuadrado medio estimado para el número de mazorcas y peso seco de cacao, según la compatibilidad del cruce Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

F. V.	G. L.	Mazorcas	Cuadrado medio		Valor P.
			Valor P.	Peso seco	
Compatibilidad	1	9107,3	0,030	10593493,6	0,053
Árbol (compatibilidad)	84	1889,6	0,0001	2758686,2	0,0001
Año	11	6501,3	0,0001	9347392,8	0,0001
Compatibilidad x año	11	1002,3	0,0001	1486819,6	0,0001
Error	924	183,7		274232,6	

El error para compatibilidad fue árbol (compatibilidad)

Cuadro 9A. Cuadrado medio sobre la fenología de los progenitores Catongo y Pound-12 Periodo 1986-1988. Turrialba, 1991.

F.V.	G.L.	Flores	Frutos				Presencia de	
			A	B	C	D	mazorca negra	brotos
Clon	1	1842,7 ns	108,3 **	23,7 *	2,3 ns	1,4 ns	0,1 ns	54,5 ns
Arbol(clon)	38	639,1	13,8	5,6	0,5	0,4	0,2	8,6
Años	2	7647,2 *	50,8 ns	26,5 ns	79,2 **	3,4 ns	0,4 ns	92,8 **
Quincena(año)	68	2015,5	34,6	8,6	11,5	3,1	0,8	64,3
Año * clon	2	1235,0 **	0,7 ns	1,1 *	0,4 ns	2,5 ns	0,2 ns	21,2 ns
Error	2705	65,3	4,2	1,3	5,0	2,3	0,6	15,7

** Significativo al 1 %

* Significativo al 5 %

ns No significativo

A = Frutos pequeños

B = Frutos con madurez fisiológica

C = Frutos de cosecha

D = Frutos con marchitez prematura

Cuadro 10A. Cuadrado medio sobre la fenología de la progenie de Catongo X Pound-12. Período 1986-1988. Turrialba, 1991.

F. V.	G. L.	Flores	Frutos				Presencia de brotes
			A	B	C	D	
Tratamiento	1	1942,7 ns	29,1 **	5,1 ns	18,5 ns	56,0 ns	66,1 *
Rep(Trat)	2	1026,5	0,1	0,6	0,5	34,4	2,0
Año.	2	509,6 **	4,1 **	0,3 *	1,6 ns	21,6 **	76,1 **
Quincena(año)	69	230,3 **	3,5 **	1,1 **	8,3 **	4,3 ns	31,0 **
Año x trat	2	778,8 **	2,3 **	1,2 **	11,6 **	10,5 ns	7,0 *
Tratxquinc(año)	69	75,7 **	0,9 **	0,3 **	3,0 ns	3,9 ns	13,6 **
Error	142	30,3	0,4	0,1	2,3	4,3	2,0

** Significativo al 1 %

* Significativo al 5 %

ns No significativo

A = Frutos pequeños

B = Frutos con madurez fisiológica

C = Frutos de cosecha

D = Frutos con marchitez prematura

Cuadro 11A. Coeficientes de correlación de los caracteres de los clones Catongo y Pound-12 y los parámetros climáticos. Periodo 1986-1988. Turrialba, 1991.

Progenitor/caracter	Días l/	Precipitación			Temperatura			Humedad relativa
		promedio	máxima	mínima	promedio	mínima	máxima	
Catongo								
Número de flores	15	-0,18 ns	0,10 ns	0,31 **	0,28 *	-0,02 ns		
	30	-0,06 ns	-0,04 ns	0,19 ns	0,12 ns	0,04 ns		
Frutos pequeños	15	0,12 ns	0,30 **	0,32 **	0,29 *	0,25 *		
	30	-0,03 ns	0,46 **	0,39 **	0,44 **	0,18 ns		
Frutos con madurez fisiológica	0	-0,01 ns	-0,11 ns	-0,08 ns	-0,12 ns	-0,01 ns		
	150	0,12 ns	0,36 *	0,23 ns	0,27 ns	0,18 ns		
Frutos con marchitez prematura	15	-0,04 ns	-0,15 ns	-0,12 ns	-0,18 ns	0,14 ns		
	30	0,36 **	-0,18 ns	-0,13 ns	-0,23 *	0,23 *		
Frutos con mazorca negra	15	0,22 ns	-0,22 ns	-0,10 ns	-0,23 *	0,14 ns		
	30	0,35 **	-0,15 ns	-0,14 ns	-0,18 ns	-0,03 ns		
Presencia de brotes	15	-0,23 *	-0,07 ns	-0,16 ns	-0,05 ns	-0,48 **		
	30	-0,24 *	-0,19 ns	-0,21 ns	-0,13 ns	-0,32 **		
Pound-12								
Número de flores	15	0,01 ns	0,21 ns	0,35 **	0,32 **	0,06 ns		
	30	0,10 ns	0,08 ns	0,31 **	0,18 ns	0,19 ns		
Frutos pequeños	15	0,09 ns	0,21 ns	0,21 ns	0,17 ns	0,17 ns		
	30	0,07 ns	0,22 ns	0,22 ns	0,20 ns	0,15 ns		
Frutos con madurez fisiológica	0	0,30 **	0,12 ns	0,16 ns	0,08 ns	0,27 *		
	150	0,04 ns	0,21 ns	0,29 *	0,30 *	0,07 ns		
Frutos con marchitez prematura	15	0,01 ns	-0,38 **	-0,27 *	-0,35 **	-0,04 ns		
	30	0,07 ns	-0,31 **	-0,27 *	-0,30 **	-0,06 ns		
Frutos con mazorca negra	15	-0,05 ns	-0,16 ns	-0,28 *	-0,28 *	-0,06 ns		
	30	0,16 ns	-0,27 *	-0,17 ns	-0,22 ns	0,03 ns		
Presencia de brotes	15	-0,11 ns	-0,11 ns	-0,09 ns	-0,01 ns	-0,33 **		
	30	-0,20 ns	-0,18 ns	-0,16 ns	-0,08 ns	-0,37 **		

l/ días antes de la toma de datos
 ** Significativo al 1 %
 * Significativo al 5 %
 ns No significativo

Cuadro 12A. Correlaciones entre caracteres fenológicos del cruce Catongo X Pound-12, bajo dos sistemas de sombra y los parámetros climáticos. Periodo 1986-1988. Turrialba, 1991.

Sombra/caracter	Días l/	Precipitación		Temperatura		promedio	humedad relativa
		promedio	máxima	mínima	promedio		
Paró							
Número de flores	15	0,09 ns	0,30 *	0,38 **	0,42 **	0,42 **	-0,01 ns
	30	-0,10 ns	0,42 **	0,31 *	0,47 **	0,47 **	-0,28 ns
Frutos pequeños	15	0,19 *	0,38 **	0,29 *	0,29 *	0,29 *	0,35 *
	30	0,26 *	0,41 **	0,34 **	0,35 **	0,35 **	0,40 **
Frutos con madurez fisiológica	0	-0,11 ns	-0,42 **	-0,37 **	-0,38 **	-0,38 **	-0,19 ns
	150	0,19 ns	0,51 **	0,32 *	0,39 **	0,39 **	0,13 ns
Frutos con marchitez prematura	15	0,18 ns	0,06 ns	-0,01 ns	0,02 ns	0,02 ns	-0,01 ns
	30	0,01 ns	0,14 ns	0,02 ns	0,06 ns	0,06 ns	-0,07 ns
Presencia de brotes	15	-0,13 ns	0,01 ns	-0,05 ns	0,05 ns	0,05 ns	-0,30 *
	30	-0,17 ns	-0,10 ns	-0,03 ns	-0,02 ns	-0,02 ns	-0,19 ns
Laurel							
Número de flores	15	0,09 ns	0,29 *	0,31 **	0,28 *	0,28 *	0,07 ns
	30	-0,06 ns	0,26 *	0,23 ns	0,27 *	0,27 *	-0,18 ns
Frutos pequeños	15	0,17 ns	0,27 *	0,27 *	0,18 ns	0,18 ns	0,35 **
	30	0,13 ns	0,30 *	0,25 *	0,21 ns	0,21 ns	0,26 *
Frutos con madurez fisiológica	0	0,08 ns	-0,29 *	-0,28 *	-0,30 **	-0,30 **	0,20 ns
	150	0,17 ns	0,36 *	0,36 *	0,33 *	0,33 *	0,28 ns
Frutos con marchitez prematura	15	0,27 *	0,12 ns	0,13 ns	0,01 ns	0,01 ns	0,38 **
	30	0,21 ns	0,19 ns	0,22 ns	0,11 ns	0,11 ns	0,33 **
Presencia de brotes	15	-0,36 **	0,09 ns	-0,04 ns	0,14 ns	0,14 ns	-0,51 **
	30	-0,23 ns	-0,19 ns	-0,15 ns	-0,08 ns	-0,08 ns	-0,27 *

l/ días antes de la toma de datos

** Significativo al 1 %

* Significativo al 5 %

ns No significativo

Cuadro 13A. Correlaciones entre los caracteres fenológicos del Catongo y Pound-12.
 Periodo 1986-1988. Turrialba, 1991.

Progenitor/caracter	Frutos			mazorca negra	Presencia de brates
	pequeños con madurez fisiológica	con marchitez prematura			
<u>Catongo</u>					
<u>Número de flores</u>	-0,08 ns	-0,17 ns	-0,22 ns	-0,14 ns	0,17 ns
Frutos pequeños		-0,04 ns	0,05 ns	-0,24 *	-0,16 ns
Frutos con madurez fisiológica			0,05 ns	0,11 ns	0,01 ns
Frutos con marchitez prematura				0,45 **	-0,09 ns
Frutos con mazorca negra					-0,01 ns
<u>Pound-12</u>					
<u>Número de flores</u>	0,15 ns	-0,17 ns	-0,13 ns	-0,28 *	0,02 ns
Frutos pequeños		0,16 ns	-0,03 ns	0,03 ns	-0,22 ns
Frutos con madurez fisiológica			-0,07 ns	0,13 ns	-0,11 ns
Frutos con marchitez prematura				0,15 ns	-0,02 ns
Frutos con mazorca negra					0,04 ns

** Significativo al 1 %

* Significativo al 5 %

ns No significativo

Cuadro 14R. Correlaciones entre caracteres fenológicos del cruce Catongo X Pound-12, bajo dos sistemas de sombra. Periodo 1986-1988. Turrialba, 1991.

Sombra/caracter	Frutos			Presencia de brotes
	pequeños	con madurez fisiológica	con marchitez prematura	
<u>Poró</u>				
Número de flores	0,03 ns	-0,19 ns	0,01 ns	0,11 ns
Frutos pequeños		-0,19 ns	-0,10 ns	0,04 ns
Frutos con madurez fisiológica			0,09 ns	-0,14 ns
Frutos con marchitez prematura				0,13 ns
<u>Laurel</u>				
Número de flores	0,27 *	-0,41 **	-0,22 ns	0,18 ns
Frutos pequeños		-0,05 ns	0,17 ns	-0,28 *
Frutos con madurez fisiológica			0,53 **	-0,26 *
Frutos con marchitez prematura				-0,31 **

** Significativo al 1 %

* Significativo al 5 %

ns No significativo

Cuadro 15A. Algunas características de los árboles del cruce intercional Catongo X Pound-12. Turrialba, 1991.

Arbol	Rendimiento *		Resis- tencia **	Compati- bilidad ***	Indice mazorca	Indice semilla
	Real	Ajustado				
81	2,0	2,0	MR	AI	10,4	2,6
10	2,0	2,0	MS	AC	17,2	1,6
36	2,0	2,0	-	AC	22,2	1,1
113	2,0	2,0	-	AC	19,9	1,3
39	1,9	1,9	MS	AI	21,4	1,3
14	1,7	1,7	S	AI	19,8	1,8
95	1,7	1,6	MR	AC	33,9	0,8
123	1,6	1,6	MS	AC	23,5	1,1
102	1,5	1,5	MS	AC	16,5	1,8
82	1,6	1,5	R	AC	25,1	1,0
69	1,6	1,5	S	AI	19,4	1,8
18	1,5	1,5	-	AC	18,9	1,2
20	1,5	1,4	S	AC	19,0	1,5
89	1,4	1,3	MS	AI	21,4	1,4
118	1,2	1,2	MS	AC	27,3	0,9
100	1,2	1,2	R	AC	23,7	1,2
70	1,3	1,2	S	AI	18,6	1,5
5	1,2	1,2	-	AC	27,0	0,9
43	1,1	1,1	S	AI	20,4	1,3
107	1,1	1,1	S	AC	22,3	1,2
3	1,1	1,1	-	AC	25,3	0,9
86	1,1	1,1	-	AC	24,0	1,0
104	1,0	1,0	MR	AI	21,2	1,5
58	1,0	1,0	MR	AC	23,0	1,1
6	1,0	1,0	MS	AI	26,6	1,4
56	0,9	1,0	S	AC	21,8	1,2
77	1,0	1,0	S	AI	26,7	1,2
21	1,0	1,0	S	AI	19,1	1,4
90	1,0	1,0	-	AC	18,3	1,3
33	1,0	1,0	-	AI	21,2	1,1
120	0,9	0,9	MR	AC	24,0	1,1
19	0,9	0,9	MR	AI	24,5	1,4
53	0,8	0,9	MR	AI	20,7	1,4
108	0,9	0,9	MR	AI	26,1	1,3
51	0,9	0,9	R	AC	27,4	1,2
55	0,9	0,9	R	AI	26,0	1,1
73	1,0	0,9	R	AI	20,3	1,8
92	1,0	0,9	S	AC	19,9	1,3
37	0,9	0,9	-	-	19,6	1,4
66	0,8	0,8	MS	AC	24,9	1,3
99	0,6	0,7	MS	AC	25,6	1,5
23	0,7	0,7	MS	AC	23,0	1,1
114	0,7	0,7	R	AI	32,7	1,1
9	0,7	0,7	R	AI	19,2	1,4
109	0,5	0,6	R	AI	29,0	1,1
91	0,7	0,6	S	AI	15,3	1,7
94	0,6	0,5	MR	AC	11,0	2.6

... Continuación Cuadro 15A.

Arbol	Rendimiento *		Resis- tencia **	Compati- bilidad ***	Indice mazorca	Indice semilla
	Real	Ajustado				
62	0,8	0,8	S	-	24,5	1,1
47	0,7	0,7	S	AI	19,8	1,3
67	0,7	0,7	S	-	25,5	1,0
48	0,6	0,7	S	AI	21,7	1,3
124	0,7	0,7	-	-	23,9	1,2
52	0,7	0,7	-	AC	25,3	1,0
24	0,7	0,7	-	AI	19,2	1,4
121	0,7	0,7	-	AC	21,6	1,1
1	0,8	0,7	-	AC	18,5	1,8
59	0,6	0,7	-	AC	20,1	1,4
50	0,7	0,7	-	AI	22,0	1,3
42	0,5	0,6	R	AC	28,8	1,5
29	0,7	0,6	-	AI	22,7	1,1
16	0,7	0,6	-	AC	23,1	1,2
7	0,6	0,6	-	AC	19,3	1,5
112	0,6	0,6	-	AI	12,5	2,2
25	0,5	0,5	MR	AI	19,6	1,4
22	0,5	0,5	R	AI	20,8	1,6
40	0,5	0,5	S	AI	21,5	1,4
12	0,6	0,5	S	AI	21,6	1,4
15	0,5	0,5	S	AI	21,5	1,5
63	0,4	0,5	-	AC	20,6	1,3
84	0,5	0,5	-	AC	20,5	1,4
80	0,5	0,5	-	AI	25,0	1,2
106	0,5	0,5	-	AC	22,5	1,4
46	0,4	0,5	-	AI	26,4	1,2
71	0,5	0,5	-	-	28,4	1,2
76	0,5	0,5	-	-	20,0	1,2
26	0,5	0,5	-	-	27,0	1,4
88	0,4	0,4	S	AC	15,1	1,8
17	0,4	0,4	-	-	24,8	1,3
32	0,4	0,4	-	-	18,3	2,0
2	0,5	0,4	-	-	21,2	1,2
65	0,4	0,4	-	-	30,9	1,1
27	0,4	0,4	-	-	27,7	1,2
11	0,4	0,4	-	-	20,0	1,8
119	0,4	0,4	-	-	25,5	1,2
126	0,4	0,4	-	AC	22,0	1,2
38	0,3	0,4	-	AI	24,7	1,1
110	0,3	0,4	-	AI	22,5	1,2
79	0,4	0,4	-	-	22,2	1,1
93	0,4	0,3	MR	AI	26,2	1,4
13	0,3	0,3	MR	AI	26,8	1,1
60	0,3	0,3	-	-	16,7	1,9
85	0,4	0,3	-	-	39,5	1,0
4	0,4	0,3	-	-	20,6	1,2
28	0,3	0,3	-	AC	31,2	1,0
72	0,3	0,2	-	AC	18,0	1,4

... Continuación Cuadro 15A.

Arbol	Rendimiento *		Resis- tencia **	Compati- bilidad ***	Indice mazorca	Indice semilla
	Real	Ajustado				
41	0,2	0,3	-	AI	32,1	1,2
54	0,2	0,3	-	-	15,3	1,8
35	0,2	0,3	-	AC	32,2	1,0
105	0,3	0,3	-	-	21,8	1,3
125	0,2	0,2	-	AI	24,8	1,5
111	0,2	0,2	-	AI	19,2	1,5
103	0,2	0,2	-	AI	17,1	1,8
68	0,2	0,2	-	-	30,7	1,0
30	0,2	0,2	-	-	21,2	1,7
44	0,2	0,2	-	AI	22,7	1,2
128	0,2	0,2	-	-	23,1	1,3
83	0,2	0,2	-	AI	24,5	1,0
127	0,1	0,1	R	AI	24,6	1,5
31	0,2	0,1	-	-	29,8	0,9
61	0,0	0,1	-	-	---	---
8	0,2	0,1	-	AC	21,6	1,2
115	0,1	0,1	-	-	18,7	1,4
96	0,1	0,1	-	-	16,9	1,6
34	0,1	0,1	-	-	46,4	1,5
64	0,0	0,1	-	-	---	---
45	0,03	0,1	-	-	19,3	1,7
117	0,03	0,05	-	-	49,7	1,3
87	0,1	0,01	-	-	18,1	1,9
74	0,03	0,0	-	-	44,2	1,0

* Representa el promedio de 12 años (datos colectados por el Programa de Cacao, CATIE).

Se presentan los datos reales y ajustados por el tipo de sombra y repetición.

** R = Resistente

MR = Moderadamente resistente

MS = Moderadamente susceptible

S = Susceptible

*** AC = Autocompatible

AI = Autoincompatible