

LA VARIEDAD COLOMBIA

Jaime Castillo Zapata
German Moreno Ruiz



Cenicafé
CENTRO DE DOCUMENTACION

La Variedad Colombia: Selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del cafeto

Premio Nacional de Ciencias
Fundación Alejandro Angel Escobar

1986

Por:
Jaime Castillo Zapata
Germán Moreno Ruíz

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA
SUBGERENCIA GENERAL TECNICA
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE

Cenicafé

CHINCHINA - CALDAS - COLOMBIA

1988

Centro de Investigaciones de Café

La Variedad Colombiana: Selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del café

Premio Nacional de Ciencias
Fundación Alejandro Ángel Escobar

1988

Por:
Jairo Castillo Zapata
Germán Moreno Ruiz

UNA PUBLICACION DE LA SELECCION DE DIVULGACION CIENTIFICA

FEDERACION NACIONAL DE CAFETORES DE COLOMBIA
SUBCIE **Cenicafé**
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE

Editor:	Héctor Fabio Ospina Ospina - Ing. Agr. M.S.
Arte y Montaje:	María Helena Estrada Gómez
Carátula y coordinación editorial:	José Chalarcá A.
Fotografías:	Félix Tisnes
	Editado en agosto de 1988

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

COMITE NACIONAL DE CAFETEROS

Ministerio de Relaciones Exteriores
Ministerio de Hacienda y Crédito Público
Ministerio de Agricultura
Ministerio de Desarrollo Económico
Representante del Presidente de la República
Gerente de la Caja de Crédito Agrario

Miembros elegidos para el período 1986 - 1988

PRINCIPALES

Luis Ignacio Múnera Cambas
Mario Gómez Estrada
Alfonso Palacio Rudas
Rodrigo Múnera Zuluaga
Milciades Zuluaga Herrera
Gustavo Ríos Ochoa
Adolfo Forero Joves
Luis Ardila Casamitjana

SUPLENTE

Octavio Arizmendi Posada
Felipe Montes Trujillo
Lisandro Méndez Manchola
José Vicente Romero
Octavio Arbeláez Giraldo
Morris Pinedo Alzamora
Rodrigo Ocampo Ospina
Emiliano Díaz del Castillo

Gerente General

JORGE CARDENAS GUTIERREZ

Subgerente General - Primer Gerente Auxiliar

HERNAN URIBE ARANGO

Subgerente General Técnico

GERMAN VALENZUELA SAMPER

Director Centro Nacional de Investigaciones de Café

SILVIO ECHEVERRI ECHEVERRI

COMITE NACIONAL DE CAFETEROS

CASTILLO Z., L. J.; MORENO R., L. G. La Variedad Colombia: selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del cafeto. Manizales, Centro Nacional de Investigaciones de Café, 1987. 169 p. Ilus. (Premio Nacional de Ciencias "Fundación Alejandro Angel Escobar". 1986).

C. F. C. ICac(9Hdd); Dewey 633.73

© Cenicafé 1987

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por esta institución. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la entidad.

PRESENTACION

El trabajo de investigación tendiente a obtener variedades resistentes a diferentes problemas fitosanitarios comenzó a desarrollarse en el Centro Nacional de Investigaciones de Café desde hace mucho tiempo, cuando se vió la importancia de tener a disposición de los agricultores la respuesta a los diferentes problemas del cultivo, en la medida en que éstos fueran apareciendo.

Fue así como desde hace más de 20 años, cuando la roya no se había presentado en Colombia ni en el continente americano, se inició la investigación para contrarrestar el efecto de la llegada de esta enfermedad al país.

Gracias a dicha previsión, cuando la enfermedad se detectó en Colombia, en septiembre de 1983, ya se contaba desde fines de 1982 con una variedad que poseía resistencia a la enfermedad, cuya semilla empezaba a distribuirse entre los caficultores en la medida en que se producía en los campos especiales de multiplicación.

La importancia económica de esta investigación es obvia, pues la utilización de esta semilla permite evitar los costos de control químico de la enfermedad, lo cual mejora la competitividad de Colombia en la producción de café.

La investigación adelantada no solo contempló el problema en sí de la roya, sino que en el proceso de selección se tuvieron en cuenta las características más deseables de las variedades sembradas en Colombia como el porte bajo, la productividad agronómica, el tamaño del grano y la calidad en taza del mismo que ha hecho de nuestro café el más suave del mundo.

*El trabajo que aquí se publica, es un resumen del proceso de obtención de la variedad en mención, la cual se denominó **Variedad Colombia**, trabajo que recibió el máximo galardón en el concurso de reconocimiento a los valores científicos de nuestro país, como lo es el premio otorgado por la Fundación Alejandro Angel Escobar y que recayó en nombre del Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE), de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y de los investigadores que figuran como autores de esta obra.*

Así, la FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA entrega a la comunidad científica una publicación que describe uno de los avances más importantes de la investigación nacional y que se constituye en una evidencia del interés de la institución por responder al esfuerzo de nuestros campesinos caficultores que generan la principal fuente de divisas del país.


GERMAN VALENZUELA SAMPER
Subgerente General Técnico

El trabajo de investigación planteado a lo largo de este documento tiene como finalidad presentar un panorama general de la situación de la agricultura en Colombia, así como de las políticas y programas de desarrollo rural que se han implementado en el país. Este documento es el resultado de un estudio realizado por el Centro Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CENIT) en el marco de un convenio suscrito con el Gobierno Nacional.

Este documento está dividido en tres partes. La primera parte describe la situación general de la agricultura en Colombia, así como de las políticas y programas de desarrollo rural que se han implementado en el país. La segunda parte describe el trabajo de investigación que se realizó en el marco de un convenio suscrito con el Gobierno Nacional. La tercera parte describe los resultados de la investigación.

BOGOTÁ, D. C., 1987

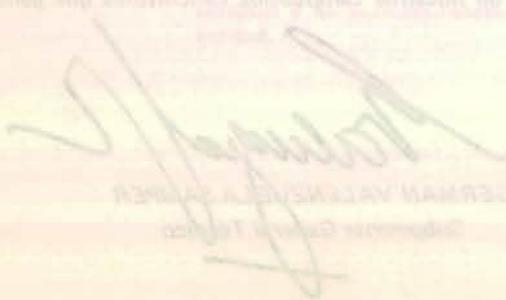
El trabajo de investigación planteado a lo largo de este documento tiene como finalidad presentar un panorama general de la situación de la agricultura en Colombia, así como de las políticas y programas de desarrollo rural que se han implementado en el país. Este documento es el resultado de un estudio realizado por el Centro Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CENIT) en el marco de un convenio suscrito con el Gobierno Nacional.

La importancia económica de esta investigación se debe a que la agricultura es una de las principales actividades económicas del país. Por lo tanto, es necesario tener un conocimiento actualizado de la situación de la agricultura en Colombia, así como de las políticas y programas de desarrollo rural que se han implementado en el país.

El trabajo de investigación planteado a lo largo de este documento tiene como finalidad presentar un panorama general de la situación de la agricultura en Colombia, así como de las políticas y programas de desarrollo rural que se han implementado en el país. Este documento es el resultado de un estudio realizado por el Centro Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CENIT) en el marco de un convenio suscrito con el Gobierno Nacional.

El trabajo de investigación planteado a lo largo de este documento tiene como finalidad presentar un panorama general de la situación de la agricultura en Colombia, así como de las políticas y programas de desarrollo rural que se han implementado en el país. Este documento es el resultado de un estudio realizado por el Centro Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CENIT) en el marco de un convenio suscrito con el Gobierno Nacional.

Este documento es el resultado de un estudio realizado por el Centro Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CENIT) en el marco de un convenio suscrito con el Gobierno Nacional. El trabajo de investigación planteado a lo largo de este documento tiene como finalidad presentar un panorama general de la situación de la agricultura en Colombia, así como de las políticas y programas de desarrollo rural que se han implementado en el país.


GERMAN VALENZUELA
Investigador Científico

*APARTES DEL DISCURSO PRONUNCIADO POR EL PRESIDENTE DE
LA REPUBLICA BELISARIO BETANCURT, EN LA ENTREGA DE
PREMIOS DE LA FUNDACION ALEJANDRO ANGEL ESCOBAR,
EN LA CASA DE NARIÑO, EL 15 DE JULIO DE 1986*

"... Debo una vez más, insistir sobre la valía intrínseca de esta iniciativa; y, sobre todo, respecto al carácter ejemplarizante que ha tenido para el país.

En efecto, y esto se aplica en especial a los premios de ciencia, éstos han cumplido un triple cometido. En primer término, como es obvio, han dado un estímulo a los investigadores y a los equipos de investigadores; en segundo lugar, han contribuído a llamar la atención sobre lo que se realiza en el campo de la ciencia, sobre la valía de los científicos y sobre la originalidad de sus trabajos. Por último, el ejemplo de la "Fundación Alejandro Angel Escobar" ha sido decisivo para que otras instituciones pertenecientes tanto al sector público como al privado, establezcan también concursos para modalidades diferentes de la investigación científica.

En esta ocasión los galardones fueron escogidos entre 33 trabajos, a cuya alta calidad se refirieron los integrantes del jurado: uno de los trabajos ganadores, el efectuado por los agrónomos Luis Germán Moreno Ruíz y Luis Jaime Castillo Zapata, es una investigación encaminada a la obtención de una variedad de café resistente a la roya.

Todavía tiene vigencia entre nosotros la distinción, por tantos conceptos obsoleta, entre ciencia pura y ciencia aplicada. Se otorga a la primera alta jerarquía, con la salvedad de que ni nuestros científicos ni nuestros laboratorios están en capacidad de hacer mayores aportes en este campo; se le concede a la segunda una prioridad utilitaria con la tácita expectativa de que su ejercicio puede sustituirse por la importación de tecnologías.

Esta actitud cómoda encuentra su mejor refutación en el trabajo premiado. Otros países y muchas otras instituciones distintas al Centro Nacional de Investigaciones de Café, se estarán ocupando de seguro en la búsqueda de remedios para esa plaga que tan graves efectos negativos produce en la economía de los países cafeteros. Que no se puede esperar a que de algún remoto laboratorio nos llegue, completa y lista, la solución al problema, lo demuestra el trabajo premiado, el cual es igualmente instancia de la futilidad de esas nomenclaturas y de esas categorizaciones de la actividad científica, y que también reafirma la valiosa tradición con que el país cuenta en los campos de las investigaciones agrícolas, en la que tan señalado lugar ocupan estudios emprendidos por instituciones participantes como la Universidad Nacional, así como los efectuados por el ICA, y, en este caso concreto, por CENICAFE . . .”

AGRADECIMIENTOS

Dedicamos:

A las 300.000 familias colombianas que destinan su vida y sus parcelas al cultivo del café y cuyo trabajo es el pilar fundamental de la economía del país.

Los Autores

Trabaja en un ambiente donde nosotros se distinguen por hechos concretos de sobre-entorno pura y simple apatía. Se otorga a la primera alta jerarquía, con la prioridad de que ni nosotros desatendamos ni nuestros subordinados en la capacidad de hacer mejoras. Hemos conseguido un 25% de aumento de la producción en el último año. Esto se debe a la capacidad de trabajo que puede sustituirse por la máquina. En consecuencia, para

Esta calidad especial encuentra su aplicación en los campos de la agricultura, de las ciencias y muchas otras instituciones. En el Centro Nacional de Investigaciones de Café, se están efectuando de hecho de la búsqueda de métodos para una plaga que ten gran efecto negativo en la producción de los países cafeteros. Que no se puede encontrar a que se alga, como lo laborioso nos sigue, completa y este, la solución al problema, lo demuestra el trabajo realizado, el cual es igualmente un ejemplo de la facilidad de una metodología y de estas categorizaciones de la actividad científica y que también reflejara la valiosa tradición que se ha mantenido en los campos de las investigaciones agrícolas, en la que con el estado superior de las labores emprendidas por instituciones particulares como el Centro Nacional, así como por el gobierno por el IICA, y en las que se han obtenido por

REVISTA DE LA FAO

Definamos:

A las 300.000 familias colombianas que destinan su vida y sus recursos al cultivo del café y cuyo trabajo es el pilar fundamental de la economía del país.

Los autores

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado como parte de las actividades de la SECCION DE FITOMEJORAMIENTO DEL CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE - CENICAFE, organismo investigativo de la FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. La información aquí estudiada fue obtenida durante más de 20 años en numerosos experimentos realizados en la estación central en Chinchiná y en siete subestaciones, localizadas en la zona cafetera. Esto implica, desde luego, una ingente labor que se extiende desde el planeamiento y siembra de cada experimento, su manejo agronómico durante un período de ocho años, la toma y registro continuo de datos experimentales, hasta, finalmente, el análisis e interpretación de los resultados obtenidos. Para realizar tan vasta tarea fue obviamente necesaria la ayuda de muchas personas vinculadas a CENICAFE, en períodos variables durante los últimos 20 años. Ante la imposibilidad de registrar los nombres de todos los profesionales, técnicos, expertos agrícolas, obreros especializados y trabajadores de diversa índole que han cooperado en la investigación que nos corresponde dirigir, los autores manifiestan su gratitud a todas esas personas que durante el largo proceso del trabajo han colaborado en una u otra forma a su exitosa realización. Se sienten especialmente obligados con el personal de la SECCION DE FITOMEJORAMIENTO DE CENICAFE, cuya ejemplar dedicación y responsabilidad han sido definitivas para la obtención de los resultados que aquí se exponen.

Los autores expresan también su profundo agradecimiento a las directivas de la FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS, que desde los diferentes campos de actividad gerencial hicieron posible la labor investigativa, la cual en este caso se concreta en la **VARIEDAD COLOMBIA**. Destacan especialmente su reconocimiento al Dr. Germán Valenzuela Samper, Subgerente General Técnico, quien en forma constante y decidida ha apoyado y estimulado el programa de selección de variedades resistentes a las enfermedades. Igualmente manifiestan su reconocimiento a los doctores Silvio Echeverri Echeverri y Octavio Fernández Borrero, quienes en la Dirección de Cenicafé y en el Departamento de Biología y Suelos, respectivamente, facilitaron todas las etapas de análisis, redacción y publicación de este libro.

Nos es muy grato también manifestar nuestro reconocimiento al CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LAS ROYAS DEL CAFETO (CIFIC) de Portugal, por su constante y eficaz colaboración desde antes de 1970, en la prueba de resistencia a la roya del germoplasma colombiano y, en particular, de los materiales mejorados obtenidos en las diferentes fases de nuestro trabajo. A este respecto queremos dejar constancia de imperecedera gratitud al Dr. Carlos Rodrigues Jr., Director de ese Centro, y al genetista del mismo, Dr. Aníbal J. Bettencourt, cuya desinteresada cooperación hizo posible la obtención de la **VARIEDAD COLOMBIA** cuando aún estaba ausente la roya de nuestro territorio.

Finalmente los autores se sienten complacidos al consignar su gratitud con las personas que aportaron su estimulante entusiasmo y generosa colaboración en el registro y procesamiento de la información, la ilustración gráfica de los resultados y la presentación escrita del original de este trabajo: Carlos Evelio Gómez Salazar, Rodrigo Rodríguez Londoño, Edith Vera de Marín, Gloria Liliana Gómez Ríos, Angela Constanza Miranda Cárdenas, Gonzalo Hoyos Salazar. Desean manifestar también su reconocimiento al colega Héctor Fabio Ospina, por su ayuda en la revisión del manuscrito y en la edición del trabajo.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	1
I. FUNDAMENTOS DEL TRABAJO	5
1. Anotaciones sobre el origen, distribución geográfica y biología de la especie <i>C. arabica</i>	5
2. La roya anaranjada del cafeto	7
3. El problema del mejoramiento por resistencia a enfermedades	8
3.1 Necesidades de resistencia estable	8
3.2 Clases de resistencia y su relación con la estabilidad	10
3.3 Diversidad genética como base de la estabilidad	11
3.4 Cultivares con diversidad genética	12
3.4.1 Multilíneas	13
4. Desarrollo de una variedad de café con resistencia a la roya	14
5. Conclusiones	16
II. MATERIALES Y METODOS	19
1. Progenitores de los cruzamientos	19
2. Método de mejoramiento	21
3. Materiales producidos y lugares de experimentación	21
4. Principales caracteres evaluados	24
4.1 Producción	25
4.2 Desarrollo y conformación de las plantas	25
4.3 Características de la semilla	25
4.4 Resistencia a la roya	25
4.5 Calidad de la bebida	26
4.6 Determinaciones de los contenidos de cafeína, lípidos y sólidos solubles	26
5. Ensayos y análisis estadísticos	26
5.1 Estabilidad de la producción	27

III. PRODUCCION Y SU ESTABILIDAD EN MATERIALES DE CATURRA POR HIBRIDO DE TIMOR, DESARROLLADOS EN COLOMBIA	31
1. Selección por producción	31
1.1 Nivel de productividad	31
1.2 Variación en la producción y posibilidades de la selección	36
1.3 Producción a nivel comercial	38
1.4 Conclusiones	40
2. Estabilidad de la producción	40
2.1 La medida de la estabilidad de la producción	40
2.2 Estabilidad de la producción en progenies F4 de C x H de T	41
2.3 Conclusiones	43
IV. DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION EN EL TRANCURSO DEL AÑO	47
1. Distribución de la cosecha en progenies F4 de C x H de T	48
V. MEJORAMIENTO DE LA ALTURA Y CONFORMACION DE LA PLANTA	55
1. El porte bajo en el desarrollo de variedades mejoradas	55
1.1 Control genético del enanismo en el café	56
2. Incorporación del gen Ct en la descendencia de los cruzamientos de Caturra x Híbrido de Timor desarrollados en Colombia	56
2.1 Variación de la altura en progenies de C x H de T de genotipo Ct Ct	58
2.2 Uniformidad fenotípica	63
3. Uniformidad fenotípica	65
4. Conclusiones	65
VI. MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS DEL GRANO	69
1. Desarrollo del fruto y naturaleza de las anormalidades de las semillas	69
1.1 Anormalidades en las semillas	70
1.2 Causas de las anormalidades	70
1.3 Importancia de los efectos en las semillas y frecuencia en variedades comerciales	72
2. Selección practicada en Colombia para disminuir los efectos en las semillas en materiales de C x H de T	72
2.1 Variación en las poblaciones parentales y en las generaciones F1 y F2	73

2.2	Posible control hereditario del vaneamiento de las semillas	73
2.3	Posibilidades de selección para disminuir las semillas vacías y los granos caracoles	76
2.4	Resultados de la selección en las generaciones avanzadas	78
3.	Selección para mejorar el tamaño de las semillas	80
3.1	Variación en el tamaño de las semillas en las poblaciones parentales y en las generaciones F1 y F2	80
3.2	Vigor híbrido en el tamaño de las semillas	82
3.3	Resultados de la selección por tamaño de la semilla en generaciones avanzadas	82
4.	Conclusiones	84
VII.	MEJORAMIENTO POR RESISTENCIA A LA ROYA	89
1.	Herencia de la resistencia	90
2.	Resultado de las pruebas de resistencia a roya en los materiales de C x H de T desarrollados en Colombia y selección practicada en ellos	95
3.	Variación genética en los cruzamientos de C x H de T, desarrollados en Colombia	97
4.	Resistencia a enfermedades diferentes a la roya (<i>H. vastatrix</i>)	99
5.	Conclusiones	101
VIII.	CALIDAD DE LA BEBIDA	105
1.	Calidad de la bebida en materiales de C x H de T desarrollados en Colombia	106
2.	Conclusiones	110
IX.	ALGUNOS COMPUESTOS QUIMICOS PRESENTES EN LAS SEMILLAS DE MATERIALES DERIVADOS DE CRUZAMIENTOS DE CATURRA POR HIBRIDO DE TIMOR	103
1.	Variación observada en las especies <i>C. arabica</i> y <i>C. canephora</i>	114
2.	Cafeína, lípidos y sólidos solubles en germoplasma de C x H de T, desarrollado en Colombia	114
2.1	Cafeína	114
2.2	Lípidos	118
2.3	Sólidos solubles	118
3.	Conclusiones	119

X.	LA VARIEDAD COLOMBIA: SELECCION Y PROPAGACION DE SUS COMPONENTES	123
	1. Proceso de selección de los componentes	123
	2. Requisitos para la selección de los componentes	124
	3. Propagación de los componentes	124
	4. Suministro de la semilla	126
	5. Conclusiones	126
XI.	CONCLUSIONES GENERALES	131
XII.	BIBLIOGRAFIA	135
XIII.	ANEXOS	149
XIV.	FOTOGRAFIAS	159

INTRODUCCION

Aunque para el lego en materias económicas resulta difícil deducir la importancia del café en Colombia a partir de indicativos como el producto interno bruto o el valor total de la producción agrícola, al considerar el aporte del café a las divisas que entran al país y el significado de esta riqueza en la creación de infraestructura económica y desarrollo industrial, se adquiere una idea clara del papel del café en la vida colombiana. Por ejemplo, en el quinquenio 1980-1985, el café generó 7.729 millones de dólares, suma equivalente al 57^o/o de las divisas del país. En el año 1985 los reintegros por café fueron de 1.575 millones de dólares equivalentes a 252.000 millones de pesos, que representaron el 55^o/o del presupuesto nacional en este año (FEDERACAFE, 1985a). No parece exagerado deducir de este ejemplo notorio que la vida económica de Colombia se halla indisolublemente ligada a la suerte del café, como ha sido repetido por muy ilustres hombres públicos. Pero la subsistencia de un enorme número de colombianos también se deriva de este cultivo. En efecto, se estima que 2,5 millones de personas se dedican a su cultivo, que genera 700.000 empleos directos y 300.000 indirectos y que, en general, 3,5 millones de colombianos dependen del café (FEDERACAFE, 1970).

Parece pues, completamente justificado el esfuerzo de proteger nuestra principal industria contra riesgos actuales o potenciales.

Entre las enfermedades que atacan el cafeto la roya ha sido considerada desde fines del siglo pasado como la de mayor gravedad. Su diseminación en el mundo, las pérdidas que causa en la producción, la facilidad y rapidez con que se propaga y el costo que implican las medidas de control respaldan esta afirmación. Como alternativa en el combate contra la roya una variedad resistente es, pues, una solución práctica de indudable importancia económica.

Los trabajos de selección de la **Varietad Colombia** se han desarrollado en ausencia de la enfermedad. Este hecho, insólito dentro de la investigación agronómica, fue posible gracias a la continuidad de la labor investigativa en el Centro de Investigaciones de Café (CENICAFE) y a la clara conciencia que allí ha existido sobre el peligro que representa para los países americanos la introducción de la roya del cafeto. Las advertencias del profesor Frederic Wellman en la década del 50, y su incansable labor de información y divulgación merecen un reconocimiento especial, pues gracias a ellas fue posible introducir a los países americanos un abundante germoplasma, que ha servido para las actuales investigaciones y que será fundamental para los futuros trabajos de mejoramiento. El Centro de Investigaciones de la Roya del Cafeto (CIFIC) fundado en 1955 en Portugal, ha sido también otro factor decisivo para el logro temprano de la **Varietad Colombia**, no solo por los trabajos de investigación básica efectuados allí, que han hecho posible el empleo científico de la resistencia, sino por su colaboración directa y efectiva en la caracterización de los materiales resistentes desarrollados en nuestro país.

Conviene destacar que en la creación de la **Varietad Colombia**, el aspecto que presentaba mayor complejidad y dificultad era el manejo de la resistencia específica a la roya para obtener una protección duradera, por ser un tema poco menos que desconocido en el mejoramiento genético del café y por lo que significaba en la toma de decisiones trascendentales. No obstante, era solo uno entre los muy numerosos aspectos considerados en el complejo proceso de obtención de la variedad. En este escrito se analizan las áreas principales del trabajo realizado hasta llevar la semilla a manos de los agricultores.

La **Varietad Colombia** es un intento para incorporar variación genética en los cultivares de café en la América Latina, donde tradicionalmente se han utilizado variedades marcadamente homogéneas y, por lo tanto, peligrosamente vulnerables a las pestes desconocidas (enfermedades y plagas) o a nuevas variantes de patógenos endémicos. En tal sentido, el desarrollo de esta variedad es un ensayo original cuyo éxito puede marcar un nuevo rumbo en los programas de mejoramiento del café, acorde con las tendencias modernas de armonizar la agricultura con la conservación del medio ambiente. Considerada como una población con base genética amplia, alto nivel de productividad y características agronómicas sobresalientes, la **Varietad Colombia** constituye una base firme para enfrentar futuros problemas patológicos.

I - FUNDAMENTOS DEL TRABAJO

1. Anotaciones sobre el origen, distribución geográfica y biología de la especie *C. arabica*.

Aunque el grano de café que se comercia en el mundo proviene solamente del cultivo de dos especies, el género *Coffea* de la familia de las Rubiaceas está compuesto por aproximadamente 100 especies originarias de las zonas tropical y subtropical de Africa y Asia.

La clasificación botánica del género *Coffea* se inició en el siglo XVI con base en pocos especímenes aislados y se continuó en el siglo XIX, pero solo en 1947 CHEVALIER concretó un trabajo taxonómico general. Este autor dividió el género en cuatro secciones: *Argocoffea*, *Paracoffea*, *Mascarocoffea* y *Eucoffea*. Los cafetos representativos de la sección *Eucoffea* fueron reagrupados por Chevalier en cinco subsecciones: *Erythrocoffea*, *Pachycoffea*, *Melanocoffea*, *Nanocoffea* y *Mozambicoffea*. A la primera pertenecen las especies cultivadas *C. arabica* y *C. canephora* y a la segunda, *C. liberica* y *C. dewevrei*, que presentan algún interés comercial y científico.

La observación directa de estas poblaciones en su hábitat natural demostró que las relaciones entre géneros afines no son claras y que el número de las especies separables es mucho mayor que el inicialmente establecido, que era aproximadamente de 60, por lo cual hoy existe un consenso general sobre la necesidad de una revisión taxonómica (CHARRIER y BERTHAUD, 1985).

Comercialmente la especie *C. arabica* es sin duda la más importante. Su centro de diversificación genética se encuentra en la región suroccidental de Etiopía, en la zona limítrofe con el Sudán (MEYER, 1965; STRENGE, 1956). Esta especie constituye una excepción en el género *Coffea* por su condición tetraploide ($2n = 44$ cromosomas) y autocompatible, mientras que las demás especies son diploides ($2n = 22$) y autoincompatibles (CARVALHO y MONACO, 1969). Se ha sugerido que se originó como un alotetraploide en el que posiblemente intervinieron las especies *C. eugenioides*, *C. canephora*, *C. congensis* y *C. liberica*. Sin embargo, *C. arabica* se comporta como un diploide funcional (CARVALHO y MONACO, 1969), situación que sugiere una similitud entre los genomas de sus progenitores, hipótesis probable dado el origen monofilético de esas especies (CHARRIER y BERTHAUD, 1985).

El centro de dispersión del café arábigo cultivado fue el Yemen, país a donde fue llevado en el año 575 desde Etiopía. De allí pasó a las colonias holandesas, francesas, inglesas, españolas y portuguesas, a finales del siglo XV. Se dice que algunas plantas procedentes de Java fueron llevadas a los Jardines Botánicos de Amsterdam y París. De tal procedencia parece ser el café cultivado en la América tropical (CHEVALIER, 1947). La primera noticia sobre la siembra del café en Colombia procede del padre Gumilla, en su libro "El Orinoco Ilustrado", quien relata haberlo cultivado en la región de los Llanos, límite con Venezuela, hacia el año 1723. A mediados del siglo XIX el café adquirió importancia como cultivo comercial en Colombia y a fines de ese siglo ya constituía un renglón destacado en las exportaciones (FEDERACAFE, 1958).

Muy pocas variedades se cultivan en el mundo, especialmente en América. La variedad Típica, predominante en muchos países de este continente, parece provenir de las primeras introducciones hechas al Caribe por los franceses. La variedad Borbón fue llevada a principios del siglo XVI a las colonias francesas de América, procedente del Yemen, vía las Islas Reunión, y posteriormente se difundió por el Brasil y el Caribe.

Solo a partir de 1950 se propagaron nuevas variedades en la América: el café Mundo Novo, originado por cruzamiento natural de la variedad Borbón con una selección de Típica procedente de Sumatra, reemplazó a esta variedad en el Brasil, mientras que la variedad Caturra incrementó su cultivo en Colombia a partir de 1960. La variedad Catuai, proveniente del cruzamiento de Caturra y Mundo Novo, se está difundiendo en el Brasil y en menor escala en la América Central, desde la década del 70.

El café arábigo es una especie predominantemente autógama con una tasa de polinización cruzada que generalmente no excede el 10% (CARVALHO y MONACO, 1969). Este hecho, y el origen restringido de las variedades comunes, se ha reflejado en una marcada uniformidad genética de los cultivares, situación que los hace notablemente vulnerables a las pestes (WELLMAN, 1961).

No obstante, la especie *C. arabica* es polimórfica. KRUG y CARVALHO (1951) describieron más de 30 mutantes cuya herencia depende, por lo general, de un solo gen. Muchos de ellos poseen caracteres indeseables para el cultivo y otros, por haberse originado en las variedades Típica y Borbón, no superan a éstas en producción o calidad del producto, lo cual explica que no hayan sido adoptados como cultivares comerciales.

En condiciones naturales *C. arabica* exhibe una gran variabilidad que no se refleja en los materiales en cultivo. Con el propósito de recolectar nuevo germoplasma, en los últimos 35 años se han organizado varias expediciones a Etiopía (SYLVAIN, 1958; MEYER y otros, 1968; CHARRIER, 1978), en las cuales se ha reunido un extenso material que hace parte en la actualidad de colecciones vivas en centros experimentales de varios países, entre ellas la de Cenicafé en Colombia (MORENO y CASTILLO, 1979).

2. La roya anaranjada del cafeto.

La roya del cafeto, causada por *Hemileia vastatrix* Berk y Br., ha sido considerada desde hace más de un siglo como la enfermedad más grave entre las que atacan este cultivo. Su amplia diseminación en la casi totalidad de los países cultivadores, los daños que causa en el follaje de las plantas, las consiguientes pérdidas en producción, la abundancia del inóculo que la propaga y la rapidez de diseminación en las plantaciones, justifican este juicio.

La roya fue observada por primera vez en 1861 cerca al lago Victoria, Nyanza, en el África Oriental. La enfermedad fue descrita en 1869 en muestras recolectadas en *C. arabica* en Sry Lanka (antiguamente Ceylán). El agente causante, *H. vastatrix*, pertenece al orden de los Uredinales, familia Pucciniacea. Es parásito obligado del género *Coffea* y ataca a todas sus especies en grado variable (WELLMAN, 1952).

No obstante que el hongo fue descrito hace más de un siglo, todavía se desconocen algunos aspectos de su ciclo biológico. Produce abundantes uredosporas que aseguran la reproducción del hongo, aparentemente sin necesidad de otras estructuras, pero también se presentan ocasionalmente teliosporas y basidiosporas cuyo papel no ha sido dilucidado. REYNER (1972) recopila y analiza la investigación, relativamente abundante, sobre las fases haploide y diploide en su ciclo de vida; los intentos para establecer la capacidad infectiva de las teliosporas y basidiosporas sobre hospedantes alternos y la probable existencia de ecidiosporas en otras especies con capacidad para infectar el cafeto.

Recientemente se ha sugerido la hipótesis de que ciertas teliosporas y basidiosporas anómalas observadas en la India y en el CIFC de Portugal, podrían aclarar el origen sexual de las nuevas razas patogénicas (HENNEN y FIGUEREIDO, 1983).

En América la roya apareció por primera vez en el Brasil en 1970, y 13 años después estaba presente en todos los países cafeteros del continente (CADENA, 1984). En Colombia solo se detectó en 1983 en el municipio de Chinchiná en cultivos tecnificados de la variedad Caturra (FERNANDEZ y otros, 1983).

En ausencia de medidas de control, la roya causa graves daños asociados a la defoliación progresiva de los cafetos, la cual afecta su vigor y productividad (MULLER, 1978). En experimentos realizados en el Brasil la falta de control ha causado un descenso del 30% de la producción en un período de cuatro años. Su importancia económica puede deducirse del costo del control en ese mismo período que representó un 20% de la cosecha (MONACO, 1977).

En Colombia, a pesar de que la roya aún se encuentra en etapas de establecimiento y diseminación, las epidemias observadas no dejan duda sobre su severidad, ni sobre la grave defoliación que causa en los cafetos cuando no se ejercen medidas de control o

cuando éste es deficiente (FERNANDEZ y otros, 1984). En la figura I-1 se observan severos ataques de la enfermedad en una variedad susceptible, en Colombia.

3. El problema del mejoramiento por resistencia a enfermedades.

Entre los múltiples aspectos que comprende el mejoramiento de una especie, la resistencia a las enfermedades es uno de los que ofrece mayores dificultades debido a la variabilidad que presentan los patógenos, que les permite adaptarse a la resistencia de los hospedantes.

Aunque los problemas inherentes a la obtención y utilización de la resistencia a las enfermedades son temas bien conocidos para los especialistas, se ha considerado necesario discutir con algún detalle los principios involucrados en el logro de resistencia estable y duradera, con el fin de hacer comprensible la adopción de la diversidad genética como estrategia básica de trabajo en el desarrollo de una variedad de café resistente a la roya.

3.1. Necesidades de resistencia estable.

Desde el inicio del presente siglo se han observado numerosos casos en que la resistencia incorporada a las variedades por medio de procesos de mejoramiento genético ha estado asociada a una peligrosa inestabilidad, causa de epidemias masivas y de enormes pérdidas económicas (BORLAUG, 1964; BROWNING, 1969). El reconocimiento de la vulnerabilidad de los cultivos a las epidemias es hoy un hecho ampliamente debatido y generalmente aceptado (NACIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1972).

En los cultivos perennes del ciclo económico prolongado, como el café, la prioridad de obtener resistencia estable es evidente ya que las estrategias conocidas empleadas en plantas anuales, que implican el manejo de los mecanismos de escape y el cambio frecuente de cultivares, no son completamente aplicables (ROBINSON, 1973).

Aunque la variabilidad de los patógenos es el origen de la inestabilidad de la resistencia, eminentes científicos piensan que la verdadera causa de este fenómeno es la creciente uniformidad de los cultivos modernos (BROWNING, 1974a; BORLAUG, 1964). En consecuencia se han planteado dos criterios divergentes para encarar el problema de la inestabilidad de la resistencia:

- a. Muchos genetistas mejoradores y patólogos han orientado sus esfuerzos a la identificación y caracterización de un tipo de resistencia cuya naturaleza lleve implícita la estabilidad.
- b. Para otros investigadores las reiteradas "quiebras" o pérdidas de la resistencia son la consecuencia de un manejo inadecuado, al emplear variedades extremadamente homogéneas, y por lo tanto, el problema fundamental es la reincorporación de variación genética a los cultivares (MARSHALL, 1977).

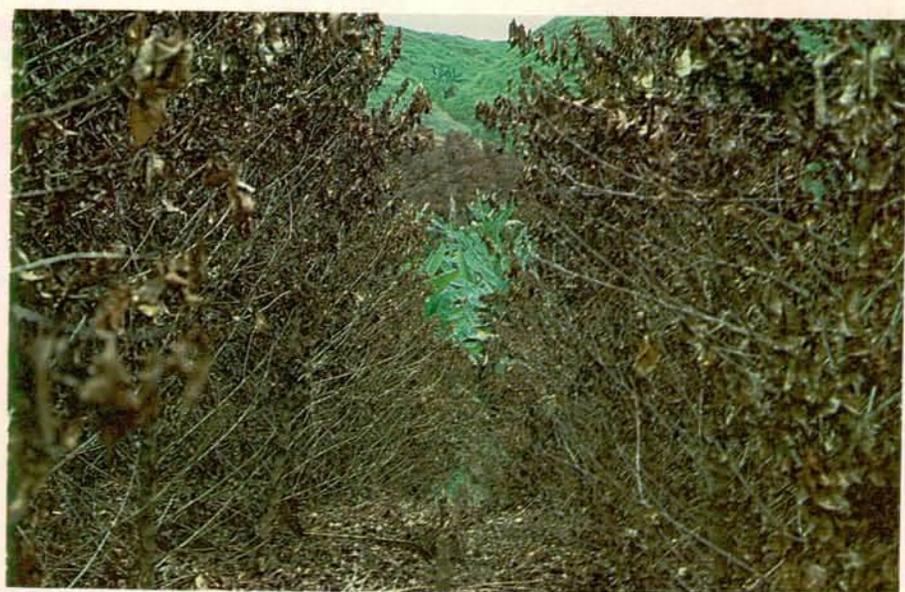


FIGURA I-1. Síntomas de un severo ataque de roya en la variedad Caturra, en la localidad de Santágueda (Caldas).

3.2. Clases de resistencia y su relación con la estabilidad.

La interacción de raza por variedad que se evidencia en el fenómeno de la especialización fisiológica de los patógenos, y que fue explicada por FLOR (1955) con su hipótesis de gen a gen, sugirió a VANDERPLANK (1968) la postulación de dos clases de resistencia: la de tipo vertical o específica, y la de tipo horizontal o inespecífica. La primera de éstas es un caso extremo de interacción y caracteriza a las plantas que son resistentes a unas razas pero susceptibles a otras. La resistencia horizontal no presenta tales interacciones y por lo tanto las plantas que la poseen son resistentes a todas las razas aunque en grado variable. Estas definiciones suscitaron una gran polémica que desembocó en nuevas definiciones y conceptos de resistencia.

NELSON (1972, 1978) prefiere una definición epidemiológica más apropiada para aclarar algunos conceptos confusos relacionados con la resistencia horizontal. Según este autor, existe una resistencia que opera en el proceso de infección (resistencia completa) y otra en los procesos posteriores a la infección. Esta última es parcial y se mide en términos cuantitativos (número de lesiones, áreas infectadas, etc.).

Una serie de generalizaciones, insuficientemente probadas (JOHNSON, 1984), ha introducido confusiones al tratar de caracterizar las clases de resistencia. Como la resistencia a la infección es de raza específica, obedece al principio de gen a gen y su herencia está gobernada por uno (monogénica) o pocos genes (oligogénica), se supone por oposición, que la resistencia parcial o post-infectiva actúa contra todas las razas (inespecífica), no obedece al principio de Flor y está gobernada poligénicamente.

El creciente conocimiento de la resistencia parcial ha demostrado que, en muchos casos, comparte las mismas características de la resistencia a la infección; presenta interacciones de raza por variedad, como lo probó VANDERPLANK (1968), puede estar gobernada por uno o pocos genes (JOHNSON, 1984) y se ajusta a la hipótesis de Flor (MARSHALL, 1977). En consecuencia, la resistencia parcial no puede identificarse con el concepto de resistencia horizontal ni puede esperarse de ella que siempre sea duradera.

Con base en estos hallazgos los investigadores han concentrado sus esfuerzos en la resistencia parcial pero con herencia poligénica. Teóricamente la estabilidad de esta resistencia está garantizada por la reducida probabilidad de que los patógenos adquieran y acumulen numerosas mutaciones que den ventaja selectiva a una raza sobre sus competidoras. Además, se cree que el número de poligenes de resistencia involucrados es muy grande y se espera que no sean vencidos uno a uno, ya que no obedecen al principio de gen a gen. PARLEVLIET y ZADOKS (1977) opinan, por el contrario, que la estabilidad de esta resistencia aumenta si los poligenes obedecen al principio de Flor.

Sin embargo, la estabilidad de la resistencia poligénica es un tema muy controvertido. Según MARSHALL (1977) la evidencia práctica de tal estabilidad es pobre y equívoca, y aunque hay numerosos casos en que su protección ha sido efectiva y duradera contra mu-

chas enfermedades (SIMMONS, 1972), también hay ejemplos en que la resistencia poligénica ha sido parcial o totalmente anulada (MARSHALL, 1977). BROWNING (1974b) precisa que este tipo de resistencia solo protege contra las razas para las cuales las variedades son mejoradas y no existe seguridad de que ofrezca protección contra otras razas o contra otros patógenos.

Resistencia durable.

Las dificultades para identificar la estabilidad con un tipo determinado de resistencia han llevado a la adopción de este término meramente descriptivo. La resistencia durable se define como aquella que permanece efectiva por lapsos prolongados en grandes áreas de cultivo con ambiente favorable a la enfermedad (JOHNSON, 1984). Como se ve, esta definición no requiere que la resistencia permanezca indefinidamente, ni da explicación alguna de su durabilidad, aunque debe suponerse que existen razones científicas que la soportan.

La resistencia durable tampoco puede identificarse con un tipo de herencia en particular. Se ha observado una protección duradera contra patógenos en muchos casos de resistencia gobernada por uno o pocos genes (EENINK, 1977; NELSON, 1973). Por ejemplo, JOHNSON (1984) discute razones citogenéticas para la resistencia durable observada en conocidos ejemplos: en las variedades de trigo Thatcher y Lee, asociada con la característica de herrumbre lenta; en los trigos Hope y H44, asociada al gen Sr6 y en otras variedades con el gen Sr36 combinado con otros genes de la serie Sr.

Por otra parte, la resistencia poligénica también ha dado control efectivo de las enfermedades por muchos años en variedades de numerosas especies, como antes se ha discutido.

3.3. Diversidad genética como base de la estabilidad.

En contraste con los cultivares monogénicos empleados en siembras densas y en grandes extensiones, cuya vulnerabilidad a nuevas razas de los patógenos constituye un fenómeno general (FREY y otros, 1979), las poblaciones silvestres están exentas de epidemias. Esta observación reiterada ha promovido el estudio de los ecosistemas naturales en busca de principios científicos para aplicar a los sistemas agrícolas.

Un ecosistema natural, localizado en el Mar de Galilea fue analizado por BROWNING (1974a, 1974b) quien describe la enorme variación existente, tanto en los hospedantes principales (que en buena parte son los progenitores silvestres de los actuales cereales) como en hospedantes secundarios y alternantes, y en las poblaciones de los patógenos.

En segundo lugar, Browning hace notar que este ecosistema está protegido por una gama de mecanismos de resistencia: inmunidad general, resistencia general o inespecífica, resistencia específica, tolerancia y antagonismos entre patógenos y no patógenos. Resulta-

do de todos estos mecanismos interactuantes es la llamada resistencia de población, que le confiere homeóstasis a todo el sistema. Por estas razones las razas más complejas, aunque presentes, no predominan en la población, como tampoco predominan en la población de hospedantes las plantas que acumulan mayor número de genes de resistencia. Las razas avirulentas y las plantas susceptibles no desaparecen, como podría suponerse.

En tercer lugar, este autor destaca que en este equilibrio dinámico, alcanzado por coevolución, tanto los hospedantes como los patógenos mantienen un alto vigor general, que les permite perdurar sin eliminar a su contraparte en la relación hospedante-parásito.

Del análisis anterior se deduce que todos los tipos de resistencia contribuyen al equilibrio epidemiológico de los ecosistemas naturales. La resistencia específica hace parte preponderante de los mecanismos que gobiernan la homeóstasis en las poblaciones diversas. Pero en la agricultura se ha cometido el error de emplearla aislada en cultivares monogénicos, por lo cual su empleo ha fallado en el control de las epidemias.

La conclusión es que la resistencia específica solo debe usarse dentro de un sistema de diversidad genética y que la estabilidad de la resistencia depende fundamentalmente de la diversidad de los cultivares y no necesariamente del tipo de resistencia empleado, concepto que cada día gana mayor aceptación.

3.4. Cultivares con diversidad genética.

Teóricamente la incorporación de la diversidad genética en los cultivares modernos ha sido la propuesta obvia para solucionar la inestabilidad de la resistencia, pero en la práctica su aceptación ha tenido restricciones. Se aducen razones como los mayores costos que implica la nueva estrategia, la necesidad de conseguir rendimientos máximos en la agricultura tecnificada y la exigencia de uniformidad inherente a la mecanización de los procesos de cultivo y poscosecha (MARSHALL, 1977).

Los sistemas sugeridos para introducir diversidad genética son muy variados y van desde el empleo de resistencia heredada poligénicamente hasta el cultivo de mezclas de diferentes especies. Entre estos extremos hay una amplia gama de diversidad que puede alcanzarse de diferente manera: mezcla de líneas teóricamente isogénicas; multilíneas con un alto grado de semejanza; mezcla de líneas genéticamente relacionadas y con un grado aceptable de uniformidad agronómica; cultivo de variedades con diferentes combinaciones de genes mayores de resistencia; mezcla de variedades de una especie; cultivos intercalados y distribución geográfica de diferentes genes de resistencia (FREY y otros, 1979; GROENEWEGEN y ZADOKS, 1979; MARSHALL, 1974; WATSON y SING, 1952; WOLF, 1978).

De las estrategias anteriormente mencionadas, las multilíneas son las más generalizadas. La primera variedad multilínea desarrollada en el mundo fue Miramar "63", una variedad de trigo creada en Colombia (ROCKEFELLER, 1963). Posteriormente, el sistema fue desarrollado principalmente por investigadores de la Universidad de Iowa (BROWNING y otros, 1979) y del CIMMIT (RAYARAM y otros, 1979) y hoy se ha difundido a muchos países. En los últimos cinco años, la publicación PLANT BREEDING ABSTRACTS registra el estudio y empleo de multilíneas en muy diversos cultivos, además de los casos conocidos del trigo y la avena: algodón, cebada, arroz, soya, pasto poa, remolacha, maní y frijol.

El concepto de diversidad genética de las multilíneas ha sido adoptado en Colombia para el desarrollo de una variedad de café con resistencia a la roya, razón por la cual sus principios básicos se discuten enseguida.

3.4.1. Multilíneas.

En su concepción original las multilíneas consisten en mezclas de líneas casi isogénicas, excepto por un gen de resistencia que las diferencia. Actualmente se acepta que las líneas componentes presenten bastante diversidad genética, pero a la vez se exige suficiente uniformidad, que las haga compatible en sus aspectos agronómicos (PARLEVIET, 1979).

La mezcla de líneas ha sido sugerida como un medio para incrementar la producción y su estabilidad (MARSHALL, 1977), pero el principal valor como cultivares comerciales se basa en su potencial para el control de las epidemias. En este aspecto las multilíneas operan de dos maneras:

1. Actúan sobre el desarrollo de las epidemias como lo hace una variedad con resistencia específica e inespecífica, pues la mezcla de plantas resistentes y susceptibles reduce el inóculo inicial efectivo (X_0) y crea barreras que rebajan la tasa de incremento de la enfermedad (r). Estos dos aspectos han sido reiteradamente comprobados (BROWNING, 1969; GILL y otros, 1979; LUTHRA y RAO, 1979).
2. Las multilíneas también actúan estabilizando las razas del patógeno, tema que ha sido ampliamente discutido. Teóricamente, mientras más genes de virulencia adquiera una raza, mayor será su ventaja reproductiva, pues podrá atacar más hospedantes, pero esta ventaja parece ser reducida por la llamada "presión estabilizante" que opera contra razas complejas cuando ataca hospedantes de genotipo simple (VANDERPLANK, 1968).

El equilibrio de estas dos fuerzas antagónicas determina la estabilidad de la población racial. La efectividad real de la presión estabilizante ha sido un tema muy polémico porque su correcta comprobación experimental es difícil (LEONARD y CZOCHOR, 1980). NELSON (1978) y BROWNING (1974a) insisten en que el fenómeno no está gobernado

por un solo sistema genético como el que gobierna la virulencia, sino por mecanismos genéticos independientes de él.

Según Browning, aunque las multilíneas no poseen todas las características homeostáticas de un ecosistema natural extremadamente diverso, son parcialmente comparables a esos ecosistemas en el sentido que, debido a su nivel de diversidad, comparten sus cualidades amortiguadoras de las epidemias. A mayor diversidad en el ecosistema corresponde menor presión selectiva sobre los patógenos y por tanto en una multilínea hay menor probabilidad de que se desarrolle una super raza, que al sembrar una serie de variedades homogéneas. La raza más compleja observada en Iowa sobre avena tiene 15 genes de virulencia que se han acumulado en el cultivo sucesivo de variedades comerciales y no sobre las multilíneas (BROWNING, 1979).

El interés por las multilíneas ha promovido amplios debates sobre su conformación original. El esquema inicial de mejoramiento, basado en sucesivos retrocruzamientos hacia el padre recurrente, ha sido tachado de conservativo, pues no permite sobrepasar las características del padre recurrente y, como consecuencia del retrocruce reiterado, se producen líneas homogéneas para cualquier característica diferente a la resistencia a una enfermedad principal. Para evitar los inconvenientes del retrocruzamiento reiterado se ha propuesto restringir este proceso y, en cambio, emplear cruzamientos dobles o múltiples que den oportunidad de recombinación y de recuperación de herencia transgresiva. En vez de líneas prácticamente isogénicas se propone además el empleo de líneas genéticamente relacionadas al padre recurrente con amplia diversidad genética, pero con suficiente homogeneidad agronómica y tecnológica (GROENEWEGEN y ZADOKS, 1979).

4. Desarrollo de una variedad de café con resistencia a la roya.

De la discusión adelantada en este capítulo se desprende que la resistencia a las enfermedades, especialmente cuando se trata del tipo específico o vertical, debe emplearse dentro de esquemas que mantengan amplia diversidad genética con el fin de obtener una protección estable. Esta conclusión es directamente aplicable al café, cuyo carácter de cultivo perenne hace imprescindible la resistencia durable.

El programa de selección por resistencia a la roya se inició en 1952 con la introducción de gran cantidad de materiales procedentes del Asia, Africa y especialmente de Etiopía. Tales introducciones fueron estudiadas en Cenicafe por sus características agronómicas en la década del 60, y con base en ellas se formuló un programa específico de mejoramiento, poco después de la llegada de la roya al continente americano (CASTILLO, 1972), al cual se introdujera posteriormente algunos ajustes (MORENO, 1974). Este programa se basa en tres aspectos fundamentales:

4.1 Diversidad genética.

Se adoptó la diversidad genética como estrategia general para el desarrollo de las nuevas variedades. Para tomar esta determinación sirvieron de guía las ideas de VANDERPLANK (1968) y especialmente las de BROWNING (1969) y BORLAUG (1964), con relación al manejo de la resistencia en las especies forestales.

Posteriormente se adoptó el principio de las multilíneas como esquema básico de diversidad, creando una población heterogénea a partir de cruzamientos con varios árboles del **H de T** y sin recurrir a los retrocruzamientos reiterados. El estudio de la variación en esta población demostró que era posible seleccionar progenies con una notable similitud con la variedad Caturra, cuya mezcla permitiría la formación de un cultivar compuesto agrónomicamente aceptable.

4.2 Fuentes de resistencia.

Otra decisión básica fue la elección de la fuente de resistencia. Solo había tres posibilidades.

- Desarrollar el programa a partir de cruzamientos interespecíficos, de resultados inciertos y a muy largo plazo.
- Utilizar los genes de resistencia presentes en introducciones de *C. arabica*, silvestres o poco cultivadas. La resistencia de estos materiales era claramente efímera, pues las razas que anulaban los genes SH1, SH2, SH3 y SH4 eran de ocurrencia común en las colecciones de germoplasma de varios países.
- Utilizar una nueva fuente de resistencia, prometedora pero desconocida, que se presentaba en el **Híbrido de Timor**. Este híbrido se encontraba en varios países (Kenia, Tanzania, Angola y la India) y después de muchos años permanecía resistente a las razas predominantes en cada localidad. En el CIFIC de Portugal (1965) el **H de T** era resistente a todas las razas de la colección, excepto algunos segregantes que constituían el grupo fisiológico R. Era posible inferir, en esa época, que por lo menos dos genes de resistencia estaban presentes en esta selección.

La estabilidad de la resistencia a la roya en el **H de T** hizo que se diera prelación en el programa a este híbrido, reservando los cruzamientos interespecíficos y las poblaciones resistentes de *C. arabica* como líneas de trabajo alternativas y complementarias. En consecuencia, se dió impulso al programa de selección de cruzamientos de la variedad Caturra con el **H de T** iniciados en 1967.

4.3 Variedad básica.

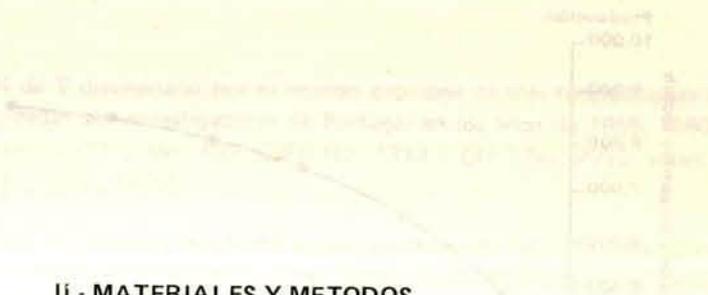
Se decidió utilizar la variedad Caturra como variedad básica para los cruzamientos, con la finalidad de obtener un cultivar de porte bajo, apto para el cultivo intensivo, el cual era ya conocido y aceptado por los agricultores.

5. Conclusiones.

Al establecer un programa de mejoramiento por resistencia a las enfermedades la decisión más importante que ha de tomar el mejorador es el tipo de resistencia que debe emplearse para obtener variedades confiables. BROWNING (1974b) opina que la mejor opción es la resistencia parcial controlada poligénicamente, cuando exista germoplasma disponible.

En la práctica, la única alternativa en muchos casos es la resistencia específica. Como se ha visto, su empleo correcto para lograr una prolongada vida útil de los cultivares está restringido a los esquemas de diversidad genética. Entre los muchos sistemas sugeridos, las multilíneas y sus diferentes variantes (GROENEWEGEN y ZADOKS, 1979) constituyen un método práctico y eficaz para el manejo de la diversidad requerida.

Una fuente de resistencia como el H de T poseedor de varios genes de resistencia específica y también con resistencia de tipo parcial es muy adecuada para desarrollar poblaciones de café con amplia base genética.



II - MATERIALES Y METODOS

1. Progenitores de los cruzamientos.

En el capítulo anterior se discutieron las razones que determinaron el desarrollo en Colombia del programa de resistencia a la roya a partir de cruzamientos de la variedad **Caturra x Híbrido de Timor**. A continuación se analiza el origen y las características de los progenitores.

1.1 La Variedad Caturra.

Como todos los cultivares de *C. arabica*, esta variedad es autofértil y tetraploide ($2n = 44$ cromosomas). Es originaria del Brasil y fue descrita por KRUG, MENDES Y CARVALHO (1949), quienes acreditan su origen a una mutación en la variedad Borbón. Su principal característica es el porte bajo de la planta, que se debe a la acción de un par de alelos dominantes, que acortan la longitud de los entrenudos (KRUG y CARVALHO, 1951). La variedad presenta una forma de fruto rojo y otra de fruto amarillo, que solo difieren en este carácter gobernado por un par de alelos con dominancia incompleta. En las demás características la variedad Caturra es extremadamente homogénea.

Fue introducida a Colombia en 1952, procedente del Brasil y se ha convertido en el principal catalizador para el cultivo intensivo del café, práctica adoptada en los últimos años. En efecto, el porte bajo de sus plantas le permite altas densidades de siembra que se reflejan en aumentos notables en la producción (ver figura II-1) y al mismo tiempo se adapta al cultivo a plena exposición solar, con aplicaciones abundantes de fertilizante. Las características del grano y de la calidad de la bebida, que se discuten en otro lugar, mantienen las propiedades tradicionales del café colombiano.

Gracias a sus cualidades excepcionales la variedad Caturra se ha difundido rápidamente en Colombia desde 1960, hasta ocupar en la actualidad cerca de 350.000 hectáreas.

Como todos los cultivares comerciales en la América Latina, la variedad Caturra es susceptible a la raza II de *H. vastatrix*, que predomina en todos los países donde se cultiva el café.

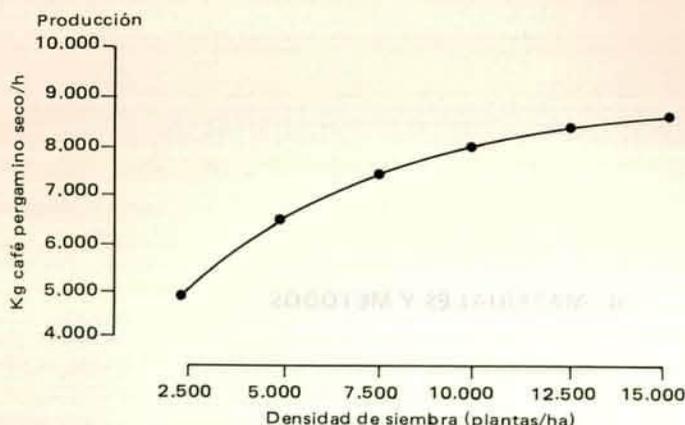


FIGURA II-1. Efecto de la densidad de siembra sobre la producción en la variedad Catuira, de porte bajo (Adaptado de varios ensayos de la Sección de Café de CENICAFE).

1.2 El Híbrido de Timor.

Esta selección utilizada como progenitor resistente a la roya, está constituida por la descendencia de un cruzamiento espontáneo entre las especies *C. arabica* y *C. canephora*, ocurrido en la isla de Timor, posiblemente hacia el año de 1917 (BETTENCOURT, 1973). Se trata de una población con aspecto de *C. arabica*, autofértil y tetraploide ($2n = 44$ cromosomas), que comenzó a cultivarse comercialmente en su lugar de origen en la década de 1940-1949 para reemplazar las variedades locales de *C. arabica*, seriamente atacadas por la roya (RODRIGUES y otros, 1975).

El **H de T** se ha constituido en un valioso recurso genético. Se sabe que posee varios genes de resistencia a la roya, diferentes de los encontrados en *C. arabica* (RODRIGUES y otros, 1975) y también hay indicios de la presencia en él de resistencia de tipo incompleto (GONCALVES y RODRIGUES, 1976; CHAVES y ABREU, 1978; KAISER, 1981; ESKES, 1983). Además, el **H de T** posee resistencia contra otras pestes no menos importantes que la roya como los nemátodos y la enfermedad del fruto, causada por el hongo *Colletotrichum coffeanum* (BETTENCOURT, 1973).

Sobre las características agronómicas y la calidad del grano y de la bebida del **H de T**, la información disponible es escasa e incompleta, pero sugiere que se trata de un material heterogéneo que ofrece posibilidades para la selección. Según RODRIGUES y otros (1975), las plantas de **H de T** tienen producciones promisorias, regular calidad de la bebida y menor contenido de cafeína, que las variedades de *C. arabica* y de *C. canephora*. De acuerdo con BETTENCOURT (1973), FERNIE (1977) y MONACO (1977), el **H de T** ha sido inferior a las variedades locales en cuanto a producción y calidad, en pruebas efectuadas en Angola, Brasil, Costa Rica, India y Tanzania.

En una evaluación todavía en marcha en Colombia, el **H de T** muestra una gran variabilidad pero algunos de sus materiales presentan producción y características del grano, similares a las de la variedad Típica (MORENO, 1979).

El germoplasma del **H de T** diseminado por el mundo proviene de tres recolecciones en su lugar de origen realizadas por investigadores de Portugal en los años de 1955, 1960 y 1969, e identificadas como CIFIC No. 832, CIFIC No. 1343 y CIFIC No. 2252 respectivamente (RODRIGUES y otros, 1975).

Material del **H de T** fue introducido a Colombia por primera vez en 1961 procedente del CIFIC de Portugal. Después de esta fecha se han hecho 11 introducciones más de distinta procedencia, pero derivadas de las tres recolecciones originales. El germoplasma del **H de T** introducido a Colombia ha sido cruzado con variedades regionales, pero los materiales más adelantados en su proceso de selección provienen de la introducción CIFIC No. 1343.

2. Método de mejoramiento.

Se parte del cruzamiento de diferentes árboles del **H de T** con la variedad Caturra, seguido de la identificación de los mejores descendientes, progenies y plantas madres, las cuales se autofecundan para obtener nuevas generaciones (ver figura II-2).

En contraste con el método tradicionalmente usado en las multilíneas, en el trabajo aquí desarrollado no se han utilizado los retrocruzamientos sino en forma restringida, para explorar la posibilidad de eliminar algunas características indeseables relacionadas con el fenotipo de las plantas y la calidad del grano. La restricción del retrocruzamiento como método de mejoramiento evita homogeneizar las progenies y previene la ocurrencia del efecto "vertifolia" (VANDERPLANK, 1968), atribuido a la pérdida, en el proceso de mejoramiento, de genes menores responsables de la resistencia parcial.

Tiempo necesario para la selección. El cultivo intensivo implica la renovación de la plantación por zoca (corte del tronco y emisión de nuevos tallos) después de obtener cuatro o cinco cosechas. Este mismo ciclo se emplea para la selección en los trabajos de mejoramiento, y requiere un período de ocho años.

Para ganar tiempo, en cada generación se escoge una cantidad grande de plantas madres con base en los registros de dos o tres cosechas. Esta determinación se fundamenta en que existe una correlación alta y significativa entre las cosechas acumuladas en estos años y el total obtenido al final del ciclo. La población experimental resulta grande pero este procedimiento ha sido la forma expedita para obtener cinco generaciones en un período aproximado de 15 años, ventaja fundamental para las necesidades de Colombia.

3. Materiales producidos y lugares de experimentación.

En la tabla II-1 se muestra la cantidad de material experimental producido y estudiado hasta el momento; las primeras progenies se sembraron en 1968. Después de la introducción de la roya al continente en 1970, el programa fue intensificado y con esta finalidad

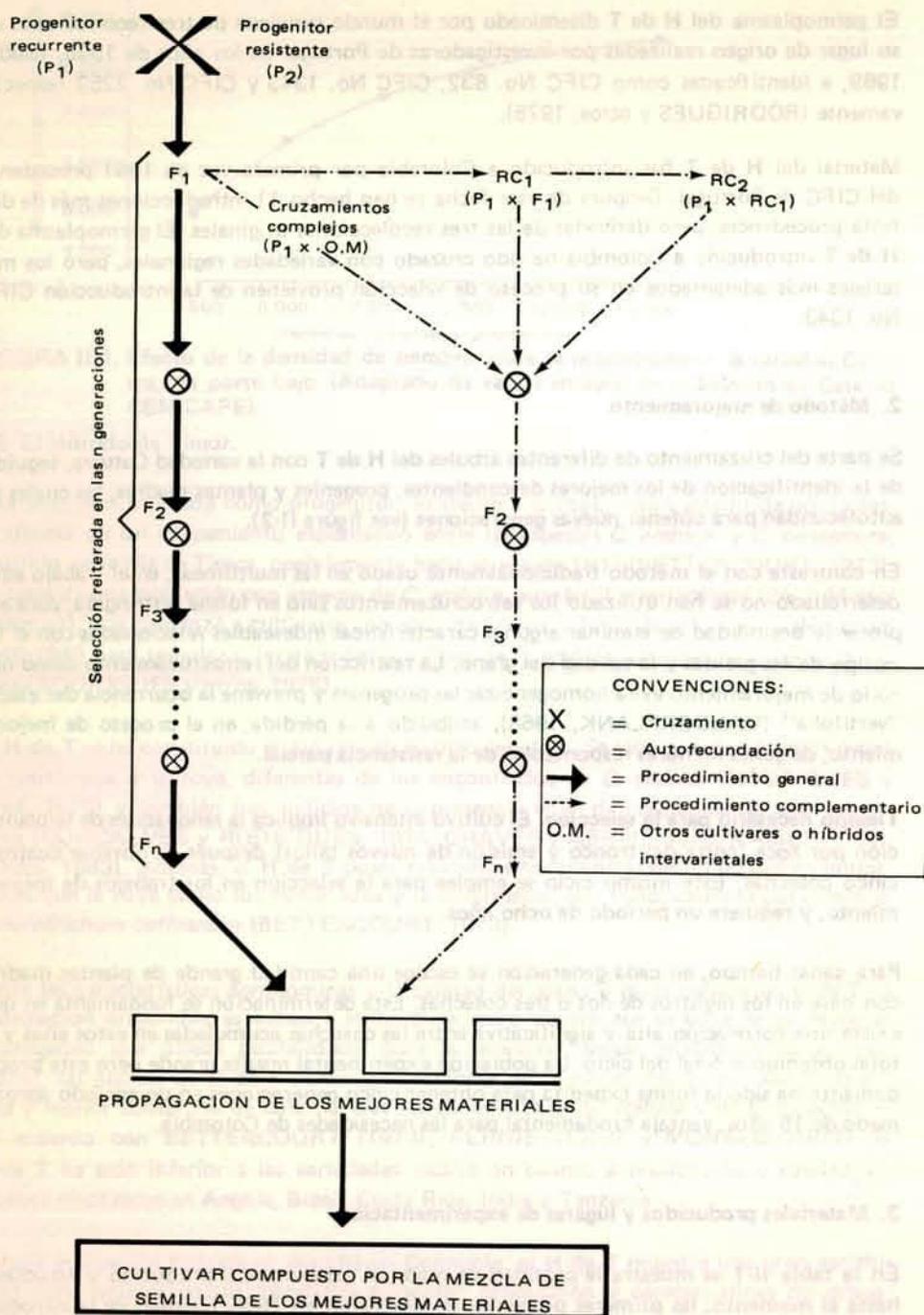


FIGURA II-2. Esquema de mejoramiento utilizado para la selección en cruzamiento de Caturra x Híbrido de Timor.

TABLA II-1. MATERIAL DERIVADO DE CRUZAMIENTOS CON EL HIBRIDO DE TIMOR, ESTUDIADOS DE 1968 A 1985.

Año de siembra	No. de experimentos	Número de progenies en cada generación filial de cruzamientos sencillos					Número de progenies derivadas de otros cruzamientos	
		1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	Regresivo	Complejos
1968	1	2	—	—	—	—	—	—
1969	2	4	—	—	—	—	—	—
1970	—	—	—	—	—	—	—	—
1971	1	—	4	—	—	—	—	—
1972	1	—	8	—	—	—	—	—
1973	6	12	—	16	—	—	15	—
1974	4	15	—	14	—	—	10	—
1975	2	—	—	17	—	—	—	5
1976	5	—	32	7	—	—	36	28
1977	11	—	2	—	30	—	37	—
1978	5	—	39	—	—	—	21	30
1979	—	—	—	—	—	—	—	—
1980	1	—	—	—	—	—	—	13
1981	3	—	—	—	—	105	—	—
1982	1	—	—	—	—	33	—	—
1983	4	—	—	43	3	—	57	—
1984	—	—	—	—	—	—	—	—
1985	2	—	—	—	39	—	—	9
TOTAL	49	33	85	97	72	138	176	85

se instalaron nuevos ensayos en 1973 y 1974 para cubrir la variación existente en el H de T. Los experimentos con las generaciones F3, F4 y F5 se iniciaron en los años de 1973, 1977 y 1981 respectivamente.

Los retrocruzamientos y cruzamientos complejos hacia la variedad Caturra se iniciaron en 1973 y 1975 y han continuado hasta la fecha, pero estas líneas de trabajo se han desarrollado con menor intensidad a causa de las razones ya expuestas.

Las primeras generaciones se obtienen y estudian en la Hacienda Naranjal, situada en el municipio de Chinchiná, Caldas, donde opera el principal centro de investigación de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. De la tercera generación en adelante las progenies promisorias se evalúan en otras estaciones experimentales situadas en lugares representativos de la región productora del centro del país. En la tabla II-2 se incluye la principal información relacionada con la localización y clima de los sitios experimentales.

TABLA II-2. REGISTRO CLIMATICO DE SIETE ESTACIONES DE EXPERIMENTACION EN COLOMBIA, DONDE SE ESTUDIAN LOS MATERIALES DERIVADOS DE CRUZAMIENTOS CON EL HIBRIDO DE TIMOR.

Estación experimental	Localización	Latitud Norte	Altitud msnm	Lluvia mm/año	Brillo solar (horas/año)	Temperatura	Años de observación
						media/año °C	
El Rosario	Venecia (Ant.)	5°56'	1.600	2.620	2.140	19.9	18
Escobar P.	Supía (Caldas)	5°28'	1.320	1.970	1.680	21.2	14
Naranjal	Chinchiná (Caldas)	4°58'	1.400	2.650	1.820	20,7	34 - 30*
La Trinidad	Líbano (Tolima)	4°55'	1.430	2.180	1.600	19.9	12 - 9*
Paraguacito	Buenavista (Q.)	4°23'	1.250	2.150	1.860	21.2	23
Misiones	El Colegio (Cund.)	4°34'	1.540	1.440	1.330	20,0	8
Albán	El Cairo (Valle)	4°46'	1.400	1.500	1.400	19.5	12

* = La segunda cifra corresponde al brillo solar.

4. Principales caracteres evaluados.

Las características que rutinariamente se tienen en cuenta aparecen en la tabla II-3. Como se aprecia, algunas son registradas en casi todas las generaciones (vigor, fenotipo, características de los granos, producción, resistencia a la roya); otras se analizan en las primeras generaciones (porte de las plantas); y otras se consideran solamente en los materiales más avanzados (adaptabilidad, calidad en taza).

A continuación se describen los aspectos más importantes del método empleado para evaluar las distintas características, omitiendo en la descripción los casos que no requieren explicación adicional y los detalles suficientemente conocidos en la experimentación agrícola.

TABLA II-3. PRINCIPALES CARACTERISTICAS CONSIDERADAS PARA LA SELECCION EN DIFERENTES GENERACIONES DE LOS CRUZAMIENTOS DE CATURRA x HIBRIDO DE TIMOR.

Característica	Generación filial									
	Obtenida por autofecundación					Obtenida por retrocruzamiento				
	F1	F2	F3	F4	F5	F1 (RC1)	F2 (RC1)	F1 (RC2)	F2 (RC2)	
Vigor	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Porte		X	X				X		X	
Fenotipo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Defectos del grano	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Producción		X	X	X	X		X		X	
Adaptación			X	X	X					
Calidad en taza				X	X					
Resistencia a roya		X	X	X	X		X		X	

4.1. Producción.

Se determina por el peso de los frutos maduros recolectados en cada planta durante el año, a lo largo del ciclo de selección y se expresa como cantidad de café pergamino seco por unidad de superficie.

4.2. Desarrollo y conformación de las plantas.

Semestralmente se evalúan en cada árbol las siguientes características:

- Altura y diámetro de la copa, medidos en centímetros.
- Vigor vegetativo, calificado en una escala ascendente de 1 a 10.
- Conformación de la planta: tamaño, forma y relieve de las hojas; color de las hojas jóvenes, longitud, curvatura y ángulo de inserción de las ramas.
- Similitud con la variedad Caturra, medida en una escala ascendente de 1 a 10.

4.3. Características de las semillas.

Comprende la determinación de las semillas anormales y la medida del tamaño del grano. Se emplean muestras tomadas a cada planta, por lo menos dos veces al año, durante un mínimo de dos cosechas.

Semillas vacías. Se mide por el porcentaje de frutos que flotan cuando son sumergidos en agua. El método se basa en que los frutos flotantes poseen una o dos cavidades vacías. Este sistema es equivalente a la observación directa de las semillas después de efectuar cortes transversales en los frutos (ANTUNES y CARVALHO, 1954). Las muestras utilizadas en este trabajo son de 100 frutos por planta.

Granos caracoles, triángulos y monstruos. Su proporción se determina por observación directa en muestras de 400 semillas por planta.

Tamaño de las semillas. Se mide por medio de un índice conocido como café supremo, que consiste en el porcentaje de una muestra que es retenida por un tamiz con orificios redondos de 17/64 de pulgada de diámetro. Las muestras están compuestas por 100 gramos de semillas sin pergamino con 11% de humedad, por cada planta.

4.4. Resistencia a la roya.

Se determina mediante pruebas realizadas en el CIFIC de Portugal.

El procedimiento general consiste en probar la progenie de las plantas seleccionadas en Colombia. De cada progenie se envía al CIFIC (Portugal) una muestra de 200 plántulas, aproximadamente, y en ella se mide su reacción a 30 razas disponibles. La metodología

empleada en el CIFIC para la inoculación y lectura de las reacciones, es la descrita desde 1955 por OLIVEIRA (ver anexo 9). Los resultados de las pruebas en las progenies permiten seleccionar en Colombia los progenitores con genes de resistencia de interés.

4.5. Calidad de la bebida.

Su evaluación se basa en pruebas organolépticas (acidez, cuerpo y aroma) especialmente realizadas por grupos de degustadores.

Las muestras analizadas se forman con semillas recolectadas en varios árboles de cada progenie. A veces las muestras están constituidas por la mezcla de semillas de varias progenies de una misma generación. Detalles sobre las pruebas de calidad en tasa se presentan en el respectivo capítulo.

4.6. Determinaciones de los contenidos de cafeína, lípidos y sólidos solubles.

Se efectúan en materiales de generaciones avanzadas, en muestras formadas por semillas recolectadas en varias plantas de cada progenie.

La cafeína fue analizada en el Laboratorio de Investigaciones Químicas del Café, en Bogotá, en muestras de un gramo de café tostado a 210 °C, durante siete minutos, hasta alcanzar una pérdida de peso del 17^o/o. La extracción se hizo por ebullición en agua destilada, durante 20 minutos. Se obtuvo un filtrado que se diluyó en 100 cc de agua destilada, del cual se tomó una muestra de 1 cc. que se agregó a 9 cc. de una mezcla reductora de tiosulfito de sodio. El análisis cromatográfico comprendió una separación con metanol como solvente. La cuantificación se realizó por comparación de las áreas de los picos de las muestras con relación a un patrón.

La determinación de los lípidos y sólidos solubles se hizo en el laboratorio de Química Agrícola de CENICAFE, utilizando la metodología recomendada por la AOAC. Se emplearon muestras de dos gramos de café verde, previamente secado, molido y tamizado en la malla No. 20. La extracción de los lípidos se hizo con éter de petróleo (a 40° - 60 °C), durante 16 horas.

La extracción de los sólidos solubles se efectuó por ebullición en agua destilada, durante cinco minutos.

5. Ensayos y análisis estadísticos.

Los ensayos en el campo generalmente corresponden a arreglos en láttice o en bloques al azar. De cada genotipo se prueban 20 ó 30 plantas distribuidas en dos o tres repeticiones.

Las prácticas culturales son las acostumbradas en cultivos tecnificados: densidades de siembra que varían entre 2.500 y 5.000 plantas por hectárea, fertilización equivalente a 2 toneladas por hectárea por año de abono de fórmula 12-12-17, y desyerbas oportunas.

Los análisis estadísticos varían según la naturaleza del problema, pero generalmente corresponden a métodos de experimentación suficientemente conocidos, a excepción del procedimiento utilizado para el estudio de la estabilidad de la producción, el cual se explica a continuación.

5.1. Estabilidad de la producción.

Los métodos de estudio de la estabilidad de la producción consisten en procedimientos de análisis de la interacción de genotipo x localidad (G x L). En el primer procedimiento utilizado aquí, propuesto por WRIKE (1962), se divide la variación debida a esta interacción en contribuciones atribuibles a cada variedad. El modelo lineal supone que cada observación es la suma del promedio general (U) y de las contribuciones del genotipo (G_i), localidad (L_j), interacción (D_{ij}) y variación debida a las replicaciones o error (E):

$$Y_{ijk} = U + G_i + L_j + D_{ij} + E_{ijk}$$

Se supone que las contribuciones de los genotipos, de las localidades y del error (dentro de cada genotipo) suman cero, lo mismo que las estimaciones de las interacciones, dentro de cada variedad y de cada localidad.

La estimación del valor de la interacción de un genotipo y de una localidad determinada está dada por la siguiente ecuación, en que \bar{Y}_{ij} es el promedio de una variedad i, en la localidad j:

$$D_{ij} = \bar{Y}_{ij} - G_i - L_j - U$$

La suma de los cuadrados de estos valores, en un genotipo y en cada una de las localidades, es la contribución del genotipo a la suma de cuadrados de la interacción G x L.

$$\sum D_{ij}^2 = \text{ecovalencia del genotipo } i.$$

El segundo procedimiento empleado aquí consiste en calcular las regresiones de cada variedad sobre un índice ambiental, formado por el promedio de todas las variedades en cada ambiente. Fue propuesto por YATES y COCHRAN (1938) y adoptado posteriormente por FINLAY y WILKINSON (1963) y EBERHART y RUSSEL (1966). Las regresiones se interpretan de dos maneras. En el llamado enfoque fenotípico, propuesto por Eberhart y Russell, se calcula la regresión de las desviaciones desde el promedio de cada variedad en cada localidad.

$$\bar{Y}_{ij} - U = G_i + L_j + D_{ij}$$

contra las desviaciones de los índices ambientales, L_j. Como G_i es constante en cada genotipo, la ecuación de regresión será:

$$\bar{Y}_{ij} = (1 + B) L_j = bL_j$$

El enfoque genotípico consiste en calcular la regresión de las contribuciones a la interacción de cada variedad en las localidades (D.j) contra los índices ambientales L.j. El valor de B es, por supuesto, $B = b - 1$.

Al aplicar las ecuaciones fundamentales de la regresión se obtiene el valor del coeficiente B y la suma de cuadrados correspondiente a la regresión.

Así, la contribución de una variedad a la interacción puede dividirse en una parte asociada a la regresión y otra atribuible a las desviaciones desde la línea de regresión. La suma de las primeras tiene $G - 1$ grados de libertad y mide la heterogeneidad de las regresiones. Si solo una pequeña parte de la interacción es atribuible a esa heterogeneidad, la caracterización de los genotipos por los coeficientes de regresión no es efectiva (SHUKLA, 1972; EAGLE y otros, 1977; BECKER, 1981).

4.6. Determinación de la contribución de cada variedad y sus interacciones

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \delta_{ij}$$

Se efectúan en mano alzada los cálculos de los cuadrados de las contribuciones de cada variedad y sus interacciones. Se obtiene el valor de μ y α_i y se calcula el residuo δ_{ij} para cada variedad en cada localidad. Se calcula el valor de β_j y se calcula el residuo γ_{ij} para cada variedad en cada localidad.

La suma de los cuadrados de las contribuciones de cada variedad y sus interacciones se calcula como sigue:

$$SS_{\mu} = G \cdot \mu^2$$

$$SS_{\alpha} = \sum_{i=1}^G \alpha_i^2$$

$$SS_{\beta} = G \cdot \beta^2$$

$$SS_{\gamma} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \gamma_{ij}^2$$

$$SS_{\delta} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \delta_{ij}^2$$

La suma de los cuadrados de las contribuciones de cada variedad y sus interacciones se calcula como sigue:

$$SS_{\mu} = G \cdot \mu^2$$

$$SS_{\alpha} = \sum_{i=1}^G \alpha_i^2$$

$$SS_{\beta} = G \cdot \beta^2$$

$$SS_{\gamma} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \gamma_{ij}^2$$

$$SS_{\delta} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \delta_{ij}^2$$

La suma de los cuadrados de las contribuciones de cada variedad y sus interacciones se calcula como sigue:

$$SS_{\mu} = G \cdot \mu^2$$

$$SS_{\alpha} = \sum_{i=1}^G \alpha_i^2$$

$$SS_{\beta} = G \cdot \beta^2$$

$$SS_{\gamma} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \gamma_{ij}^2$$

$$SS_{\delta} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \delta_{ij}^2$$

La suma de los cuadrados de las contribuciones de cada variedad y sus interacciones se calcula como sigue:

$$SS_{\mu} = G \cdot \mu^2$$

$$SS_{\alpha} = \sum_{i=1}^G \alpha_i^2$$

$$SS_{\beta} = G \cdot \beta^2$$

$$SS_{\gamma} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \gamma_{ij}^2$$

$$SS_{\delta} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \delta_{ij}^2$$

La suma de los cuadrados de las contribuciones de cada variedad y sus interacciones se calcula como sigue:

$$SS_{\mu} = G \cdot \mu^2$$

$$SS_{\alpha} = \sum_{i=1}^G \alpha_i^2$$

$$SS_{\beta} = G \cdot \beta^2$$

$$SS_{\gamma} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \gamma_{ij}^2$$

$$SS_{\delta} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \delta_{ij}^2$$

La suma de los cuadrados de las contribuciones de cada variedad y sus interacciones se calcula como sigue:

$$SS_{\mu} = G \cdot \mu^2$$

$$SS_{\alpha} = \sum_{i=1}^G \alpha_i^2$$

$$SS_{\beta} = G \cdot \beta^2$$

$$SS_{\gamma} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \gamma_{ij}^2$$

$$SS_{\delta} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \delta_{ij}^2$$

La suma de los cuadrados de las contribuciones de cada variedad y sus interacciones se calcula como sigue:

$$SS_{\mu} = G \cdot \mu^2$$

$$SS_{\alpha} = \sum_{i=1}^G \alpha_i^2$$

$$SS_{\beta} = G \cdot \beta^2$$

$$SS_{\gamma} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \gamma_{ij}^2$$

$$SS_{\delta} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \delta_{ij}^2$$

La suma de los cuadrados de las contribuciones de cada variedad y sus interacciones se calcula como sigue:

$$SS_{\mu} = G \cdot \mu^2$$

$$SS_{\alpha} = \sum_{i=1}^G \alpha_i^2$$

$$SS_{\beta} = G \cdot \beta^2$$

$$SS_{\gamma} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \gamma_{ij}^2$$

$$SS_{\delta} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^L \delta_{ij}^2$$

Introducción

El estudio de producción es uno de los aspectos básicos en los programas de mejora continua, para otros aspectos como la calidad, la productividad, la estabilidad o enfermedades, etc. existen muchos libros que abordan el tema de forma amplia, pero no necesariamente

La producción es el proceso de transformación de los recursos en bienes y servicios. Este proceso se desarrolla en el sector secundario del comercio, desde el área de cultivo del café hasta el procesamiento de los productos agrícolas y la transformación de los recursos

En este capítulo se analizan aspectos relativos al nivel de productividad de los materiales desarrollados de C x H de T, y se discuten las dificultades de mejorar esos niveles por medio de técnicas y una planificación de la producción de los materiales de producción

Producción y su estabilidad

PRODUCCION Y SU ESTABILIDAD EN MATERIALES DE C X H DE T, DESARROLLADOS EN COLOMBIA

III.

1. El nivel de producción

El presente capítulo y el siguiente corresponden a los resultados de 55 proyectos de investigación y 31 proyectos de desarrollo en varias zonas de la zona central cafetalera de Colombia. La producción de café en esta zona se divide en los distintos estratos de cultivo en los anexos 1 y 2 y los análisis estadísticos correspondientes se registran en los anexos 3 y 4. En todos los anexos ocurren diferencias significativas entre estratos, pero para fines de este estudio se analizarán los resultados de los estratos de cultivo

III - PRODUCCION Y SU ESTABILIDAD EN MATERIALES DE C x H de T DESARROLLADOS EN COLOMBIA

Introducción.

El potencial de producción es uno de los objetivos básicos en los programas de mejoramiento, pues otros aspectos como la calidad, la precocidad, la resistencia a enfermedades, etc., pierden interés si no van acompañados de niveles de producción convenientes.

La adaptación de variedades mejoradas a una amplia gama de ambientes es otro aspecto de interés en el programa adelantado en Colombia, pues la zona de cultivo del café comprende algo más de un millón de hectáreas dispersas en un área montañosa y heterogénea.

En este capítulo se analizan aspectos relativos al nivel de productividad de los materiales derivados de cruzamientos de **C x H de T**, a las posibilidades de mejorar esos niveles por medio de selección y a la estabilidad de la producción de los materiales de generación más avanzada, evaluados en diferentes ambientes.

1. Selección por producción.

La productividad de los cruzamientos de **C x H de T** comienza a estudiarse a partir de las generaciones F3. En las generaciones anteriores, en que la mayoría de las plantas son heterocigóticas por muchas características, la selección se dirigió a otros aspectos.

1.1. Nivel de productividad.

En las tablas III-1 y III-2 se presenta en forma resumida las producciones de 55 progenies F3 y 31 progenies F4, evaluadas en varias localidades de la zona central cafetera de Colombia. La producción detallada de cada progenie en los distintos ensayos se consigna en los anexos 1 y 2 y los análisis estadísticos correspondientes se registran en los anexos 3 y 4. En todos los ensayos ocurren diferencias significativas entre genotipos, pero para fines prácticos las comparaciones se realizan con las variedades testigos.

TABLA III-1. CLASIFICACION EN TRES NIVELES DE PRODUCTIVIDAD DE 55 PROGENIES DE F3 DE CATURRA X HIBRIDO DE TIMOR Y CUATRO VARIEDADES TESTIGO. EN OCHO ENSAYOS SEMBRADOS EN CINCO LOCALIDADES. LA PRODUCCION SE ESTUDIO DURANTE CUATRO COSECHAS Y ESTA EXPRESADA EN TONELADAS DE CAFE PERGAMINO SECO POR HECTAREA Y AÑO.

Genotipo	Variable observada y nivel de productividad 1/	Localidad y experimento																
		Caldas 1		Caldas 2		Caldas 3		Quindío		Tolima		Antioquia		Valle 1		Valle 2		
Progenies F3	No. de progenies																	
	Nivel																	
	Superior	1	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	Igual	13	10	11	11	15	14	14	15	14	7	7	7	7	6	5	5	5
Inferior	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
Total	14	16	17	17	16	14	14	16	14	14	7	7	7	8	7	7	7	
Producción media	Nivel																	
	Superior	5,6	5,3	5,3	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	-	-	-
	Igual	4,2	4,6	4,5	4,5	5,4	4,5	4,5	4,2	4,5	4,4	4,4	4,4	4,4	5,0	4,4	4,4	4,4
	Inferior	-	-	-	-	4,2	-	-	4,2	-	-	-	-	-	-	-	3,5	3,5
Promedio Intervalo	4,3 3,5-5,3	4,8 4,1-5,5	4,8 3,5-5,6	4,8 3,5-5,6	5,3 4,2-6,6	5,3 3,6-5,3	4,5 3,6-5,3	5,3 4,2-6,6	4,2 3,6-5,3	4,5 3,5-4,9	4,4 3,5-4,9	4,4 3,5-4,9	4,4 3,5-4,9	4,2 4,2-6,4	5,3 4,2-6,4	4,2 3,4-4,7	4,2 3,4-4,7	
Variedades testigo	No. de variedades	4	4	3	3	4	4	4	4	4	2	2	2	4	4	3	3	
	Producción media	4,1	4,1	3,9	3,9	6,1	5,1	5,1	6,1	4,9	4,9	4,9	4,9	4,7	4,7	4,8	4,8	
	Intervalo	3,7-4,6	3,5-4,4	3,7-4,2	3,7-4,2	5,4-6,8	4,9-5,4	4,9-5,4	5,4-6,8	4,9-5,4	4,5-5,3	4,5-5,3	4,5-5,3	4,4-5,3	4,4-5,4	4,4-5,1	4,4-5,1	
Promedio de los mejores testigos (Xs) 2/	4,1	4,3	3,9	3,9	6,6	-	-	6,6	-	-	-	-	-	4,5	5,1	5,1	5,1	
d' 3/	0,7	0,6	0,9	0,9	2,2	N.S	N.S	2,2	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	1,2	1,0	1,0	1,0	

1/ Determinado de acuerdo con las diferencias estadísticamente significativas con el promedio de los testigos de mayor producción (Xs).

2/ Promedio de las testigos con mayor producción para comparar con cada tratamiento.

3/ d' = Valor crítico (10%) de la prueba de Dunnett, para comparar cada tratamiento con la media de los testigos de mayor producción.

4/ Toneladas de café pergamino seco por hectárea.

TABLA III-2. CLASIFICACION EN TRES NIVELES DE PRODUCTIVIDAD A 31 PROGENIES F4 DE CATURRA X HIBRIDO DE TIMOR Y CUATRO VARIEDADES TESTIGO, ESTUDIADAS EN SEIS LOCALIDADES. LA PRODUCCION SE MIDIO EN UN PERIODO DE CUATRO COSECHAS Y ESTA EXPRESADA EN TONELADAS DE CAFE PERGAMINO SECO POR HECTAREA Y AÑO.

Genotipo	Variable observada y nivel de productividad 1/	Localidad y experimento					
		Caldas 1	Caldas 2	Antioquia	Tolima	Quindío	Cundinamarca
Progenies F4	No. de progenies						
	Nivel						
	Superior	0	2	0	0	0	0
	Igual	7	22	14	17	12	9
	Inferior	15	6	13	5	14	9
Total	22	30	27	22	26	18	
	Produccion media						
Nivel							
Superior		7,9					
Igual		7,6	6,3				
Inferior		6,1	4,9				
Promedio		6,6	6,1	6,3	6,3	5,8	5,4
Intervalo		4,7-7,8	4,3-7,9	4,5-7,3	5,2-7,0	3,6-7,2	3,8-7,1
Variedades testigo	No. de variedades	3	4	4	4	4	3
	Producción media	7,5	6,0	7,0	6,7	7,0	6,3
	Intervalo	6,3-8,3	5,2-6,7	6,6-7,5	6,3-7,3	6,3-7,7	5,9-7,0
	Promedio de los mejores testigos 2/	8,1	6,5	7,1	7,1	7,4	6,6
	d' 3/	0,9	1,2	0,8	1,1	1,1	1,2

1/ Niveles determinados de acuerdo con las diferencias estadísticamente significativas con el promedio de los testigos de mayor producción.

2/ Promedio de las variedades testigos más productivas, para comparar con cada tratamiento.

3/ Valor crítico de la prueba de Dunnett para comparar cada tratamiento con el promedio de los testigos más productivos.

Como puede observarse, el nivel medio de productividad de las progenies F3 y F4 es notablemente alto y similar al alcanzado por las variedades testigo Caturra y Catuai. En efecto, la producción media por hectárea y año en las cuatro últimas cosechas de un ciclo productivo de cinco cosechas, fue de 4,8 toneladas en F3 y 6,1 en F4, contra 4,7 y 6,7 en las variedades testigo (Tablas III-1 y III-2).

Esta elevada productividad media determina que en cada localidad sea posible separar un número considerable de materiales de alta producción. En las progenies F3 (Tabla III-1), de 99 comparaciones estadísticas entre las variedades testigo y las progenies estudiadas, 81 correspondieron a productividad similar a la alcanzada por los testigos, y 15 a productividad superior.

En la generación F4 las progenies se separan en un grupo con productividad similar o superior a la de las variedades testigo y otro con productividad inferior. De 145 comparaciones establecidas, las progenies F4 resultaron iguales o superiores en 83 casos e inferiores en 62 comparaciones (Tabla III-2). Este comportamiento de la generación F4 podría atribuirse a la segregación y reagrupación de los factores genéticos responsables de la productividad.

Las progenies F4 más productivas conservan esta característica en todas las localidades, como se aprecia en la tabla III-3, en la cual aparece la producción media de las 10 mejores y el rango o lugar ocupado por cada una en las distintas localidades. Esta consistencia indica una tendencia de las mejores progenies a mantenerse en los primeros lugares dentro del grupo de progenies evaluadas, cuyo número varió entre 30 y 18.

Progenies F5.

En esta generación se ha mantenido un alto nivel de productividad. En la tabla III-4 se presenta la clasificación de 108 progenies estudiadas en la estación experimental de Naranjal (Caldas), en tres experimentos, en los cuales se ha obtenido tres cosechas. Se analizó el acumulado de las dos últimas.

En las progenies F5 la producción media por año es de 5,45 toneladas de café pergamino seco, contra 5,77 toneladas para la variedad Caturra. Un 42% de las progenies tiene producciones entre 5 y 6 toneladas y el 94% osciló entre 4 y 7 toneladas. El análisis estadístico (anexo 7) indica que en todos los ensayos hay diferencias significativas entre las progenies. En comparación con la variedad Caturra, solamente 13 progenies F5 tuvieron una producción estadísticamente inferior (prueba de significación de Dunnett). En los demás casos la producción de las progenies y del testigo fue igual.

La producción alta de los materiales de **C x H de T** también ha sido registrada en otros países. En una revisión sobre el comportamiento agronómico de progenies de **C x H de T**

TABLA III-3. PRODUCCION MEDIA (\bar{X}) EN CUATRO COSECHAS DE LAS 10 MEJORES PROGENIES F4 EN SEIS LOCALIDADES Y SU CLASIFICACION (RANGO) EN CADA LOCALIDAD.

Progenies F4	L O C A L I D A D E S																	
	Caldas (1)		Antioquia (R)		Caldas (2)		Tolima (L)		Quindío (P)		Cundinamarca		Promedio					
	\bar{X} 1/	R 2/	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R				
322	7,2	8	7,3	1	7,8	2	7,0	3	6,5	7	—	—	7,1	—				
41	8,3	1	6,4	12	6,5	3	6,3	10	7,0	3	—	—	7,1	—				
206	—	—	7,2	3	6,7	8	—	—	7,2	1	6,4	3	6,9	3				
221	7,3	5	6,8	7	6,3	12	6,6	6	7,0	3	7,1	1	6,9	1				
403	7,2	7	7,0	4	7,5	1	5,5	15	6,4	10	6,4	3	6,8	3				
240	7,8	2	6,6	6	6,7	9	6,8	5	—	—	5,6	7	6,8	7				
404	7,4	4	6,6	9	6,0	14	7,0	1	6,3	9	—	—	6,7	—				
170	7,7	3	6,7	8	6,4	11	6,3	9	6,5	11	5,9	6	6,6	6				
203	7,1	10	6,2	13	6,5	6	6,2	12	6,3	9	—	—	6,5	—				
137	7,2	9	6,9	5	6,3	13	6,3	10	6,9	4	5,6	7	6,5	7				
No. progenies estudiadas	22	27	30	22	26	18	31											
\bar{X} progenies	7,5	6,8	6,7	6,5	6,7	6,2	6,8											
\bar{X} variedades testigos	7,5	7,0	6,0	6,7	7,0	6,3	6,8											

1/ Toneladas de café pergamino seco por hectárea por año.

2/ Rango ocupado entre las progenies estudiadas.

TABLA III-4. CLASIFICACION DE LA PRODUCCION DE 108 PROGENIES F5 DE C x H DE T, EN TRES EXPERIMENTOS LOCALIZADOS EN LA HACIENDA NARANJAL, CALDAS.

Intervalo de clase 1/	Frecuencia y experimento			Suma	o/o
	81/2	81/3	81/4		
3,1 - 4,0	1	0	1	2	1,9
4,1 - 5,0	13	10	10	33	30,6
5,1 - 6,0	15	11	19	45	41,6
6,1 - 7,0	7	12	5	24	22,2
7,1 - 8,0	0	3	1	4	3,7
S u m a	36	36	36	108	100
Producción media 1/	5,21	5,79	5,35	5,45	
Intervalo 1/	3,6 - 6,6	4,3 - 7,2	3,8 - 7,6	3,6 - 7,6	
Producción Caturra 1/	5,06	6,66	5,61	5,77	
d' 2/	1,88	1,34	2,11		

1/ Toneladas de café pergamino seco, por hectárea, por año, en un ciclo de dos cosechas.

2/ Valor crítico de la prueba de Dunnett para comparar los tratamientos con la variedad Caturra.

producidas en Colombia y Portugal y evaluadas en nueve países de América Latina, BETTENCOURT (1984) destaca que en cada lugar existen materiales muy promisorios, algunos de los cuales están próximos a constituirse en variedades comerciales.

1.2. Variación en la producción y posibilidades de la selección.

En diferentes oportunidades se ha analizado la variación que existe entre y dentro de las progenies de **C x H de T**. Los estudios comprenden análisis de varianza de la producción, partición de la varianza en sus componentes principales, determinación de la contribución de cada componente a la variación, expresada en diferente base, y cálculo de estimativos de heredabilidad (CASTILLO y MORENO, 1981, 1982). De los materiales analizados se han escogido algunos experimentos con progenies F3, F4 y F5 de este cruzamiento, para ilustrar la posibilidad de la selección. Esta información se detalla en los anexos 5, 6, 7 y 8, de los cuales se han extraído algunos estimativos que se reúnen en la tabla III-5, y que sirven para facilitar la discusión posterior.

En todos los casos existen diferencias significativas entre las progenies de **C x H de T**, lo cual indica que los grupos analizados están compuestos por genotipos diferentes.

Los valores de la heredabilidad en sentido amplio, expresada como la relación entre el componente de variación de genotipos ($G^2 g$) y la varianza de las medias de progenies ($V\bar{g}$), son notablemente altos (0,81 en F3; 0,85 en F4 y 0,59 a 0,86 en F5) y confirman

la preponderancia de la variación entre progenies con relación a la variación ambiental. Valores altos para la heredabilidad en sentido amplio ($h^2 = 0,70$ y $0,66$), también han sido registrados por WALLYARO (1983), quien analizó la producción de materiales derivados de cruzamientos entre 11 variedades. La magnitud de la heredabilidad en la descendencia de **C x H de T** sugiere que la selección de las mejores progenies asegura una ganancia apreciable en la producción en las generaciones siguientes.

La posibilidad de mejorar la producción mediante la selección de los árboles más productivos no puede basarse completamente en la variación que se observa dentro de las progenies, que se estima por el componente de árboles en parcela. Este componente tiene una alta contribución a la varianza de la media de árboles en progenies, como se observó en la tabla III-5, pero parte sustancial de esta variación puede ser de origen ambiental.

La consideración anterior se comprueba al comparar la variación que existe entre los árboles de las progenies, con la observada dentro de las variedades testigo (consideradas genéticamente homogéneas) pues en la mayoría de los casos tales varianzas son similares (ver tabla III-6). Solamente en la generación F3 y en uno de los ensayos con progenies F4 la variación dentro de los materiales de **C x H de T** es estadísticamente superior que la correspondiente a la variedad Caturra. Probablemente las generaciones F4 y F5 hayan adquirido mayor homogeneidad que la F3 debido al proceso de autofecundación.

TABLA III-5. ALGUNOS VALORES RELACIONADOS CON LA HEREDABILIDAD Y COMPONENTES DE LA VARIACION DE LA PRODUCCION DE PROGENIES DE C x H. DE T. DE CINCO GENERACIONES EVALUADAS EN DIFERENTES ENSAYOS (VALORES EXTRAIDOS DE LOS ANEXOS 5, 6, 7 Y 8).

Generación de las progenies de C. x H. de T.	$V_{\bar{g}}$ 1/	σ_g^2 2/	h^2 3/	4/	
				σ_a^2	%
F3	9,50	7,70	0,81	28,87	79,0
F4	2,22	1,89	0,85	23,61	78,2
F5	1,57	0,93	0,59	2,93	60,9
F5	2,40	2,07	0,86	3,75	61,8
F5	1,97	1,16	0,59	4,10	63,9

1/ $V_{\bar{g}}$: Varianza de la media de progenies.

2/ σ_g^2 : Componente de la variación debida a genotipos (progenies).

3/ h^2 : Heredabilidad en sentido amplio = $\sigma_g^2/V_{\bar{g}}$

4/ σ_a^2 : Componente de la variación debida a árboles y su contribución (%o) a la varianza de la media de árboles.

TABLA III-6. COMPARACION DE VARIANZAS DE ARBOLES DENTRO DE PROGENIES Y DENTRO DE VARIETADES TESTIGO, EN MATERIALES DE TRES GENERACIONES DE CRUZAMIENTOS DE C x H DE T.

Experimento	Generación	V a r i a n z a s				F	1/
		Arboles en progenies		Arboles en variedades testigo			
		GL	CM	GL	CM		
FM 8-1 N	F3	224	33,60 2/	56	13,58	2,474	**
FM 8A-L	F4	416	24,79	78	22,89	1,083	NS
FM 8A-N		416	20,80 2/	78	12,31	1,689	**
FM 8A-P		416	26,10	78	22,44	1,163	NS
FM 8A-R		416	15,23	78	20,22	1,328	NS
FM 8A-S		416	32,05	78	35,26	1,100	NS
81/2 N	F5	560	2,95	16	2,26	1,305	NS
81/3 N		560	3,75	16	3,71	1,011	NS
81/4 N		560	4,02	16	6,65	1,650	NS

1/ Prueba de significación con una distribución de dos colas.

2/ Comparación de la varianza dentro de F3 y de F4 en la localidad de Naranjal: $F = \frac{33,60}{20,80} = 1,615^*$

*, **: Significativo para $P = 95\%$ y 99% .

1.3. Producción a nivel comercial.

Aunque solo a partir de 1987 se dispondrá de información para evaluar la **Variación Colombia** a escala comercial en toda la zona cafetera del país, algunos campos permiten deducir que el nivel productivo observado experimentalmente se conserva en las condiciones predominantes en las fincas comerciales y en extensiones considerables.

En parcelas de propagación de la **Variación Colombia** en la Hacienda Maracay (municipio de Quimbaya, Quindío) se sembraron 1,5 ha en 1980 y 5,7 ha en 1981, con una densidad de 10.000 plantas/ha. Las producciones han fluctuado entre 10,7 y 5,7 toneladas de café pergamino seco por hectárea, como se observa en la tabla III-7.

Un segundo ejemplo se observa en un lote de 0,6 ha sembrado con una densidad de 5.000 plantas/ha, que se encuentra en el municipio de Gigante, en el Huila. Exceptuando las primeras recolecciones, que corresponden a solo cuatro meses, se ha obtenido tres cosechas con 4,6; 6,4 y 8,6 toneladas de café pergamino seco por hectárea (Tabla III-8).

Finalmente, son de mucho interés las producciones obtenidas en tres lotes de 3,2; 4,0 y 2,4 hectáreas, sembradas con progenies F4 en el municipio de Chinchiná (ver tabla III-9).

TABLA III-7. PRODUCCION MEDIA DE PROGENIES F5 DE C x H DE T, SEMBRADAS EN 1980 Y 1981 EN PARCELAS DE PROPAGACION DE SEMILLA EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDIO, CON UNA DENSIDAD DE SIEMBRA DE 10.000 PLANTAS/Ha.

Año de siembra	Progenies F5 sembradas	Producción por cosecha*			Promedio
		1	2	3	
1980	15	10,7	6,5	7,5	8,2
1981	57	6,5	5,7	—	6,1

* En toneladas de café pergamino seco por hectárea por año.

TABLA III-8. PRODUCCION COMERCIAL DE PROGENIES F4 DE C x H DE T, EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA.

Edad de la plantación	Ton. pergamino/Ha.
19 - 23 meses	1,7
24 - 35 meses	4,6
36 - 47 meses	6,4
48 - 60 meses	8,6
Promedio	5,3

Area del lote = 6.000 m².

Densidad de siembra = 5.000 plantas/Ha.

TABLA III-9. PRODUCCION COMERCIAL DE PLANTAS DE C x H DE T, EN LA FINCA CALAMAR (CHINCHINA, CALDAS).

Lote	No. plantas	Fecha siembra	Ton. pergamino/Ha.		Promedio
			1983	1984	
Calamar - Cedros	32.000	Agosto/80 a dic./80	2,9	3,7	3,3
Calamar - Retiro	40.000	Enero/81 a enero/82	2,4	3,0	2,7
La Libia	24.000	Abril/81	6,2	6,9	6,5

Densidad de siembra: 10.000 plantas por hectárea.

Estas producciones corresponden a dos cosechas de tamaño normal. Los mayores rendimientos en uno de los lotes reflejan una mejor calidad del terreno, pero en los tres casos la producción es elevada.

1.4. Conclusiones.

Los niveles de productividad de la mayoría de progenies F3, F4 y F5 de cruzamientos de **C x H de T** son consistentemente altos. Este hecho afortunado disminuye la necesidad de ejercer una fuerte presión selectiva para aumentar la producción, lo cual ha permitido la selección adecuada por otras características. Este es el caso de la resistencia a la roya, la cual requiere mantener una amplia variabilidad de genotipos de resistencia, hecho que hubiera sido poco probable si se hubiera seleccionado una pequeña parte de las progenies disponibles.

La variación observada entre progenies en las distintas generaciones F3, F4 y F5 es de naturaleza genética en una alta proporción y por lo tanto la selección de las mejores sugiere que es posible conseguir avances en la producción. Por otra parte, la variación entre árboles parece ser de naturaleza genética solamente en la generación F3. Las generaciones F4 y F5 serían homocigotas, por efecto de las autofecundaciones sucesivas y por tanto, la selección entre sus progenies debe ser más eficiente que la de plantas dentro de ellas.

2. Estabilidad de la producción.

En la medida en que se obtienen nuevos y mejores materiales en el programa desarrollado en Colombia, éstos son incluidos en ensayos instalados en diversos sitios de la zona cafetera, que tienen por objetivo explorar el comportamiento de diversos ambientes.

A continuación se discuten aspectos relativos a la estabilidad de la producción en los materiales más promisorios desarrollados en el programa de cruzamientos de **C x H de T**.

2.1. La medida de la estabilidad de la producción.

Se entiende por variedad estable la que presenta alta producción sostenida en el intervalo de ambientes en que normalmente se cultiva la planta.

Hay dos procedimientos básicos para el análisis de la estabilidad de la producción: el primero consiste en calcular la contribución de cada genotipo a la variación (suma de cuadrados) debida a la interacción de genotipo x localidad (G x L). PLAISTED y PETERSON (1959) emplearon este método al medir el efecto de eliminar cada variedad sobre dicha suma de cuadrados. Posteriormente WRIKE (1962) propuso el cálculo exacto de estas contribuciones y SHUKLA (1972) introdujo la estimación de varianzas insesgadas para cada genotipo, de manera que pueda medirse su contribución a la variación, con una prueba de F.

El segundo procedimiento interpreta la interacción de $G \times L$ por medio de regresiones lineales de las producciones de cada genotipo contra índices ambientales (FINLAY y WILKINSON, 1963; EBERHART y RUSSELL, 1966). Si estas regresiones son realmente distintas, ellas explican el comportamiento diferencial de las variedades en distintos ambientes.

Ambos procedimientos han sido utilizados en Colombia en materiales de $C \times H$ de T y sus aplicaciones a la selección fueron analizadas por MORENO, CASTILLO y OROZCO (1984). A continuación se presenta información reciente obtenida en un ciclo de producción de cuatro cosechas.

2.2. Estabilidad de la producción en progenies F4 de $C \times H$ de T.

Los datos discutidos enseguida corresponden a la producción de un grupo de 16 progenies F4 y tres variedades testigo evaluadas durante cuatro cosechas en cinco localidades. En la tabla III-10 se presenta la producción promedio de cada genotipo en todos los ambientes, su contribución individual a la suma de cuadrados de la interacción de $G \times L$, llamada ecovalencia, y las varianzas de estabilidad correspondientes. Se incluye además la división de cada ecovalencia en una parte atribuible a la regresión y otra asociada a las desviaciones desde la línea de regresión.

Las varianzas de estabilidad indican que hay 12 genotipos inestables que contribuyen con más de 89% a la interacción de $G \times L$ y cuya varianza promedio es de 199,3. Por otra parte, se observan siete progenies que contribuyen solamente con el 11% a la interacción y cuya varianza media es de 35,1.

La aplicación de la técnica de la regresión muestra que la varianza atribuible a la heterogeneidad de las regresiones es baja (tabla III-11), lo cual indica que tales regresiones no explican la interacción de $G \times L$. Además, como también se muestra en esta tabla, la varianza atribuible a la interacción de $G \times L$, se debe principalmente a las desviaciones desde la línea de regresión que tienen altos valores, estadísticamente significativos.

De acuerdo con los resultados anteriores la separación de los genotipos por su ecovalencia ha sido adoptada como criterio para apreciar la estabilidad de la producción. En el programa adelantado en Colombia se están eliminando los materiales que muestran altos valores de su ecovalencia y que además tienen bajas producciones. El efecto de esta clase de selección se representa en la figura III-1, en la cual se indica la producción de todos los genotipos (línea 1), de cinco progenies F4 de alta ecovalencia y baja producción (línea 2) y del conjunto formado por las 11 progenies F4 restantes (línea 3). Este último grupo de progenies ilustra el comportamiento de los materiales seleccionados que, como se aprecia en la figura mencionada, es superior al promedio de todos los genotipos en la mayoría de las localidades.

TABLA III-10. CONTRIBUCION DE CADA GENOTIPO A LA INTERACCION DE G x L, VARIANZA DE ESTABILIDAD, ANALISIS DE LA REGRESION DE ESTAS CONTRIBUCIONES Y PRODUCCION ACUMULADA DURANTE CUATRO COSECHAS EN 16 PROGENIES F4 DE C x H DE T, Y TRES VARIETADES TESTIGO EVALUADAS EN CINCO LOCALIDADES.

Genotipo	Ecovalencia	Varianza de estabilidad	B 1/	Suma de cuadrados		
				Regresión	Desviación	Producción 2/
221	80,46	14,35	0,2701	5,51	74,95	24,77
137	112,29	23,24	0,2225	3,74	108,55	24,40
203	132,74	28,96	0,0139	0,01	132,73	23,89
192	148,52	33,37	-0,5683	24,42	124,10	21,60
170	174,32	40,57	1,3757	143,11	31,21	24,47
404	202,11	48,34	0,9754	71,94	130,17	24,25
153	232,89	56,94	-1,0710	86,73	146,16	21,85
323	290,25	72,97*	-1,2335	115,05	175,20**	23,24
322	381,69	98,52**	-0,9115	62,82	318,87**	25,96
Caturra rojo	390,84	101,07**	0,0238	0,04	390,80**	22,46
Caturra amarillo	453,69	118,61**	2,0925	331,10	122,49	25,41
Catuai amarillo	630,20	167,95**	1,3270	133,16	497,04**	26,25
293	662,32	176,93**	-0,6694	33,88	628,44**	20,62
208	672,88	179,88**	-0,1327	1,33	671,55**	19,58
41	769,21	206,79**	1,1120	93,50	675,71**	25,77
403	875,56	246,51**	-0,5147	20,03	855,53**	25,05
248	1.056,31	287,01**	-0,4823	17,59	1.038,72**	21,84
399	1.084,24	294,82**	0,9526	68,62	1.015,62**	21,62
394	1.603,46	439,89**	-2,7839	586,05	1.017,41**	19,45
Suma	9.953,88			1.798,63	8.155,25	

1/ $B = b - 1$

2/ Kilogramos de café maduro por árbol, acumulado en cuatro cosechas.

*, ** = Significativo para $P = 95\%$ y $P = 99\%$.

TABLA III-11. ANALISIS DE VARIANZA A LA INTERACCION DE GENOTIPO POR LOCALIDAD DE 16 PROGENIES F4 DE C x H DE T Y TRES VARIEDADES TESTIGO EVALUADAS EN CINCO LOCALIDADES DURANTE CUATRO COSECHAS.

Fuente de variación	G. L.	C. M.	F 1/
Genotipos (G)	18	614,71	**
Localidades (L)	4	359,13	**
G x L	72	138,25	**
Heterogeneidad de la regresión	18	99,93	—
Desviación de la regresión	54	151,02	**
Error global	2.470	23,61	

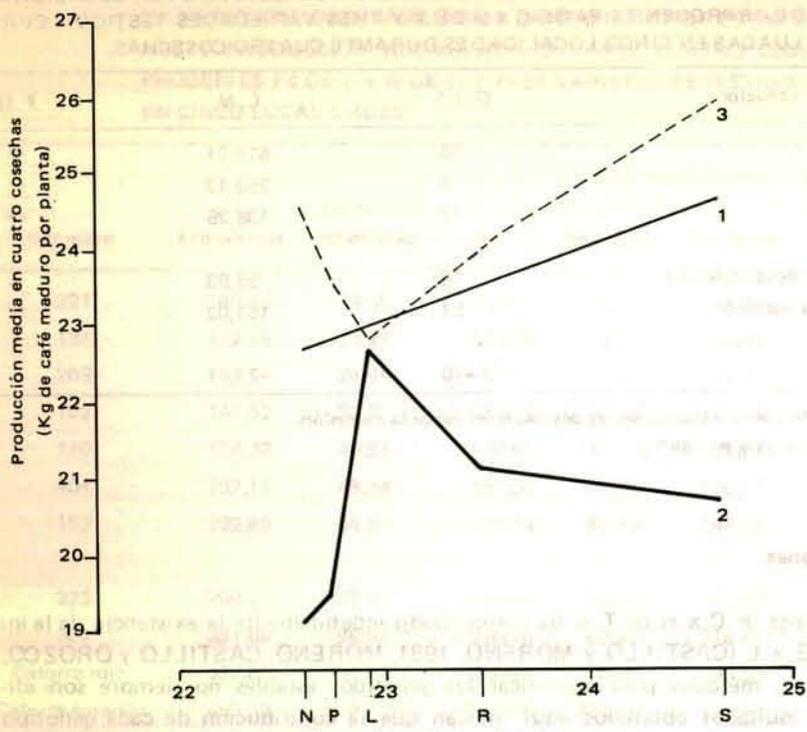
1/ "F" calculado con la varianza de las desviaciones desde la regresión.

** = Significativo para P = 99 0/0.

2.3. Conclusiones.

En los materiales de **C x H de T** se ha comprobado repetidamente la existencia de la interacción de **G x L** (CASTILLO y MORENO, 1981; MORENO, CASTILLO y OROZCO, 1984), pero los métodos para identificar los genotipos estables no siempre son eficientes. Los resultados obtenidos aquí indican que la contribución de cada genotipo a la interacción es un método adecuado para medir la estabilidad, mientras que el análisis de las regresiones no se ha mostrado igualmente efectivo. Sin embargo, esta conclusión no puede generalizarse a otro germoplasma de café estudiado en diferentes condiciones. Como criterio práctico, en Colombia se ha adoptado la eliminación de materiales muy inestables, con alta ecovalencia y que muestran a la vez baja producción media, características que en general coinciden. Se conservan, en consecuencia, los genotipos productivos y con varianza de estabilidad baja a moderada, puesto que, como se ha mencionado, las progenies de cruzamientos de **C x H de T** están destinadas a la formación de una variedad compuesta.

Las variedades compuestas se han utilizado con éxito en varios cultivos para disminuir el efecto de las epidemias y el peligro de la vulnerabilidad a los patógenos (BROWNING, 1969), como también para obtener estabilidad en la producción (ALLARD y BRADSHAW, 1964). Si el número de componentes de una mezcla es grande, cada uno de ellos influye poco en el comportamiento promedio, de donde se deduce que este tipo de variedad presenta cierta elasticidad en la utilización de genotipos valiosos, aun con algún grado de inestabilidad.



Producción media en las localidades, en cuatro cosechas (Kg de café maduro por planta)

1. Todos los genotipos (16 progenies F4 y tres variedades testigo).
2. Cinco progenies F4 inestable y con baja producción.
3. 11 progenies F4 seleccionadas.

FIGURA III-1. Producción en diferentes localidades de dos grupos de progenies F4 de C x H de T, separados por su producción media y contribución a la interacción de genotipo por localidad (G x L).

**DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION
EN EL TRANCURSO DEL AÑO**

IV.

Para el estudio de la distribución de la producción anual de la cosecha en los progresos de la cosecha, se ha dividido el año en tres períodos: el período de cosecha, el período de almacenamiento y el período de consumo. El período de cosecha se divide en dos subperíodos: el período de cosecha temprana y el período de cosecha tardía. El período de almacenamiento se divide en dos subperíodos: el período de almacenamiento temprano y el período de almacenamiento tardío. El período de consumo se divide en dos subperíodos: el período de consumo temprano y el período de consumo tardío.

IV - DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION EN EL TRANCURSO DEL AÑO

Introducción.

La distribución anual de la cosecha es un carácter de interés económico en el cultivo del café. Con frecuencia se argumenta que una producción concentrada en un período corto disminuye los costos de recolección y procesamiento del grano, debido al empleo intenso y eficiente de la mano de obra y de los equipos. Pero también se piensa que una cosecha dispersa durante el año daría ocupación más constante a los recolectores, disminuiría los problemas que implica la consecución y manejo de un alto volumen de mano de obra en un lapso corto y reduciría el tamaño y el costo de las instalaciones y equipos para el beneficio del grano.

En la población derivada de cruzamientos del **H de T** con variedades de *C. arabica* existe una importante variación en diferentes características. Con relación a la época de maduración de los frutos existe escasa información. Germoplasma de origen etíope (CARVALHO y MONACO, 1972a) y algunos cruzamientos con el **H de T** (BETTENCOURT, 1981; CHAVES y otros, 1976; KAISER, 1983) se han clasificado en tardíos y precoces, sin cuantificar estas características. En Colombia, la siembra repetida de variedades comerciales ha mostrado que su producción se reparte en dos períodos (cosecha y mitaca), variables en su proporción según la zona de cultivo. En consecuencia, es de interés esclarecer si en la descendencia de los cruces de **C x H de T** ocurren modificaciones en la maduración de los frutos, capaces de obstaculizar la conformación de variedades compuestas.

Para ello se analiza a continuación la distribución anual de la cosecha en 16 progenies F4 del cruzamiento de **C x H de T** y en tres variedades testigo, evaluadas durante cuatro cosechas en seis localidades.

1. Distribución de la cosecha en progenies F4 de C x H de T

Para este trabajo, la distribución de la cosecha se mide por la proporción de la producción anual recolectada en el período de julio a enero.

Las curvas de distribución de la cosecha muestran dos patrones: el primero es característico de las localidades de Rosario, Supía y Naranjal, donde se recolecta cerca del 75% de la producción anual, en el período de julio a enero (ver Figura IV-1). El segundo patrón es representativo de las localidades de Líbano, Paraguaicito y Misiones, donde la producción de los dos semestres está relativamente equilibrada (ver Figura IV-2).

La distribución de la producción dentro de una misma localidad, muestra un marcado paralelismo, indicativo de que no existen genotipos que tengan intercambiado sus períodos de alta y baja producción. No obstante, los genotipos difieren en cuanto al porcentaje de la cosecha anual recolectado en cada semestre. En la tabla IV-1 se muestra el promedio y el intervalo de variación de la proporción de la cosecha recolectada de julio a enero, en el grupo de progenies F4 y de variedades testigo, en las seis localidades. La variación que se observa es atribuida a diferencias entre genotipos, pero principalmente entre localidades. En efecto, los análisis de varianza de la distribución de la cosecha mostraron diferencias entre genotipos ($P = 99\%$) en cinco de las seis localidades y el análisis combinado detectó diferencias significativas ($P = 99\%$) entre localidades y entre genotipos, aunque estos factores no interactuaron.

TABLA IV-1. PROMEDIO Y VARIACION EN EL PORCENTAJE DE LA COSECHA ANUAL RECOLECTADA EN EL PERIODO DE JULIO A ENERO, EN PROGENIES F4 DE C x H DE T Y VARIIDADES TESTIGO EVALUADAS EN SEIS LOCALIDADES DURANTE CUATRO COSECHAS.

Localidad	Genotipo		Porcentaje de la cosecha anual recolectado de julio a enero		
	Clase	No.	Promedio	Intervalo de variación	
Rosario (Ant.)	Progenie F4	16	85,8	93,3	80,9
	Testigos	3	86,1	93,8	80,6
Supía (Caldas)	Progenie F4	16	84,8	92,8	68,2
	Testigos	3	92,1	93,0	91,0
Naranjal (Caldas)	Progenie F4	16	75,0	86,2	62,7
	Testigos	3	84,7	93,2	71,1
Líbano (Tol.)	Progenie F4	16	52,6	71,6	44,0
	Testigos	3	65,3	81,9	54,1
Paraguaicito (Q.)	Progenie F4	16	57,9	75,7	34,3
	Testigos	3	79,8	82,3	77,9
Misiones (Cund.)	Progenie F4	18	49,4	62,9	36,1
	Testigos	3	54,8	61,4	43,5

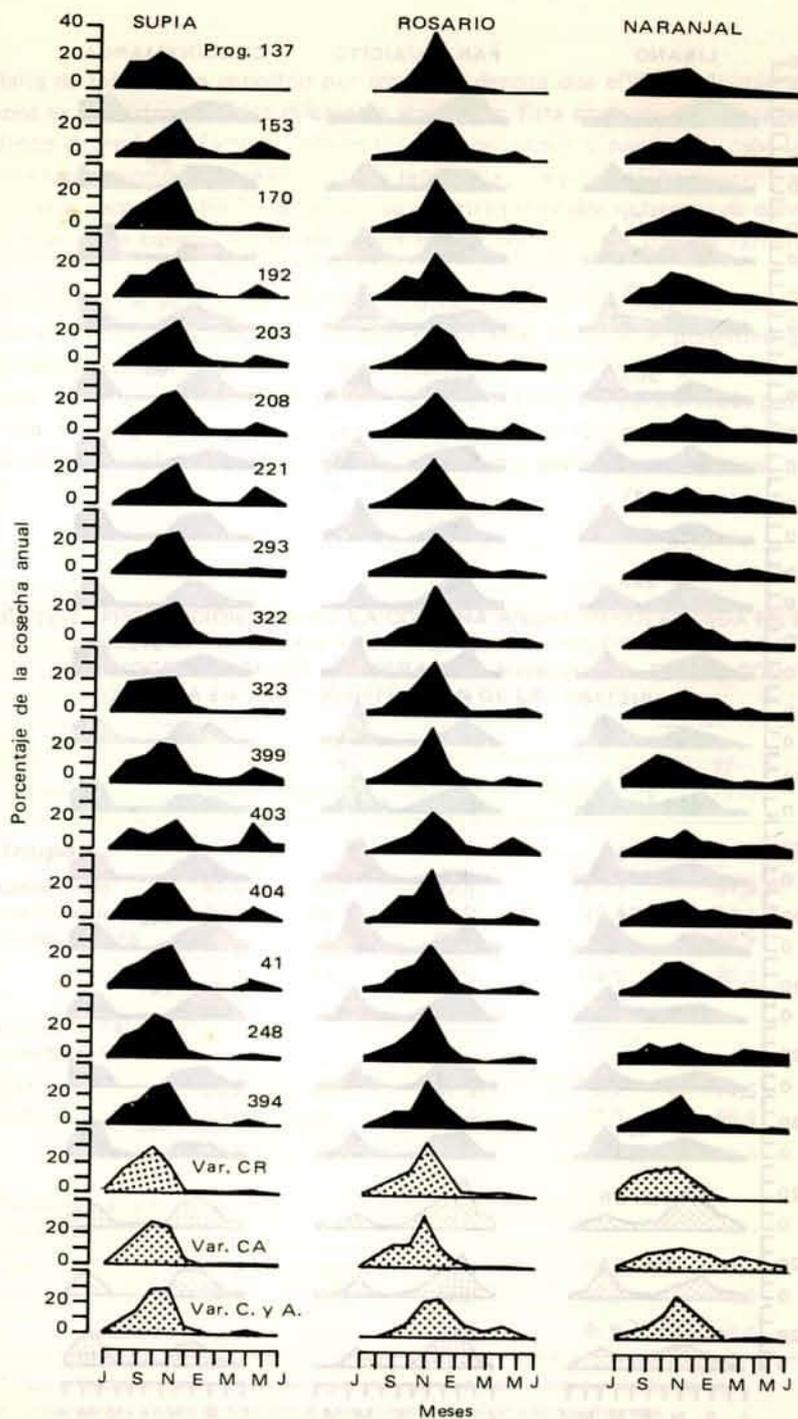


FIGURA IV-1. Distribución anual de la cosecha en progenies F4 de C x H de T, y en variedades testigo estudiadas en las localidades de Supía, Rosario y Naranjal.

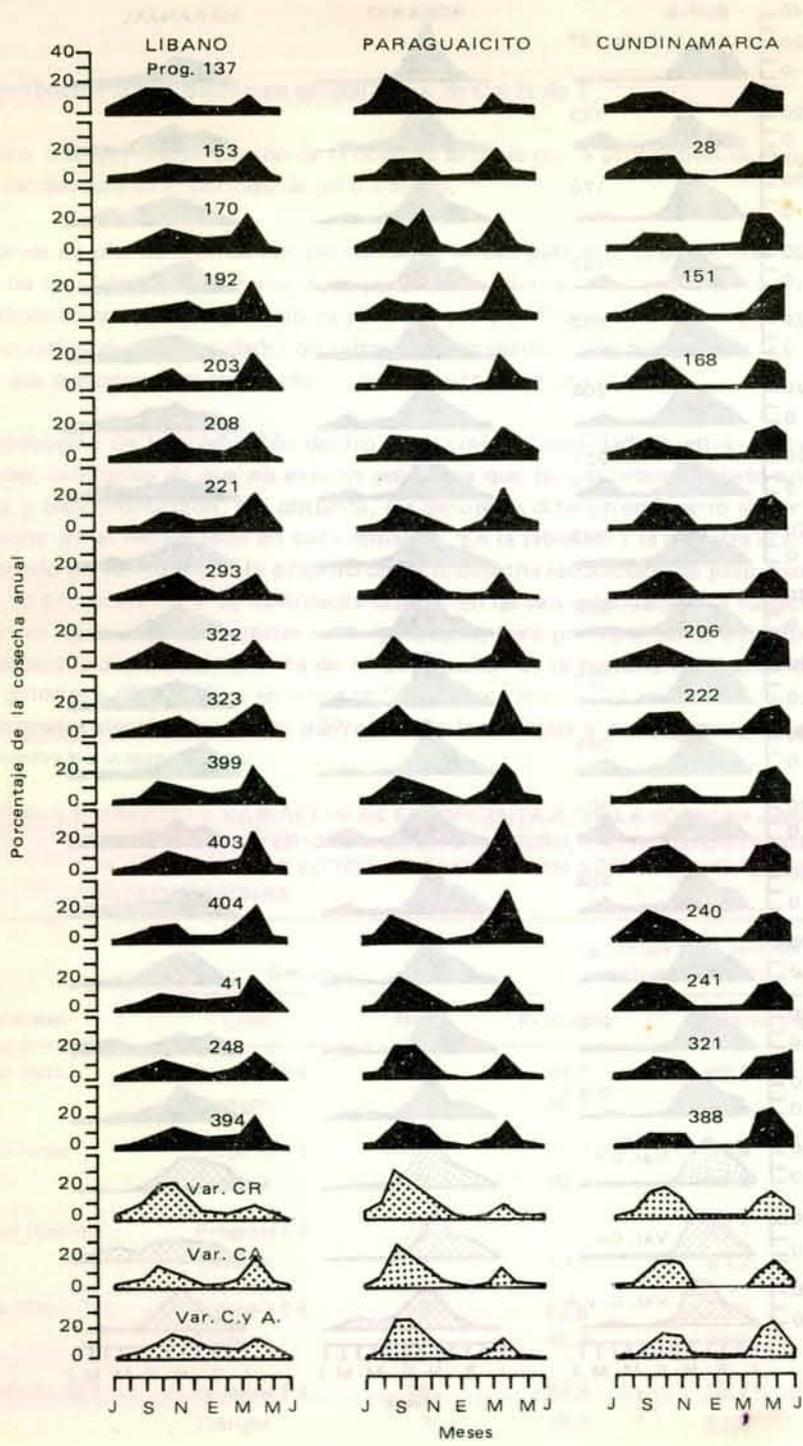


FIGURA IV-2. Distribución anual de la cosecha en progenies F4 de C x H de T, y en variedades testigo, estudiadas en las localidades de Libano, Paraguaicito y Misiones.

La falta de interacción genotipo por localidad denota que el comportamiento de los genotipos es consistente en los diferentes ambientes. Esta situación sugiere que tal comportamiento depende de factores inherentes a los genotipos y por tanto, cabe la posibilidad de efectuar selección de materiales con tendencia a la producción concentrada o dispersa, si fuere necesario. En la tabla IV-2 se muestran los casos extremos de concentración y dispersión de la cosecha en las progenies F4, en comparación con las variedades testigo.

En conclusión, el aspecto de interés inmediato es el que las progenies F4 pueden ser utilizadas en la conformación de variedades compuestas, sin que se presenten graves inconvenientes debidos a la falta de coincidencia en la época de maduración de los frutos. Las diferencias en la distribución relativa de la cosecha entre los dos períodos productivos del año que muestran unas pocas progenies F4, son de interés científico para la selección y posterior mejoramiento, pero carecen de importancia práctica y económica.

TABLA IV-2. PROPORCION (0/o) DE LA COSECHA ANUAL RECOLECTADA EN EL PERIODO JULIO A ENERO, EN TRES VARIETADES TESTIGO Y EN DOS GRUPOS DE PROGENIES F4 DE CATURRA POR HIBRIDO DE TIMOR, CON TENDENCIA OPUESTA EN LA CONCENTRACION DE LA COSECHA.

Genotipos	1/			2/		
	Supía	Naranjal	Promedio	Paraguacito	Líbano	Promedio
Testigos						
Caturra rojo	91,0	93,2	92,1	82,3	81,9	82,1
Caturra amarillo	92,2	70,1	81,2	79,4	54,1	66,8
Catuai amarillo	93,0	90,9	92,0	77,9	59,9	68,9
Promedio	92,1	84,7	88,4	79,9	65,3	72,6
Progenies F4 con cosecha concentrada						
137	83,9	80,6	82,3	75,7	71,6	73,7
293	89,6	77,1	83,4	71,1	66,9	69,0
Promedio	86,8	78,9	82,9	73,4	69,3	71,4
Progenies F4 con cosecha dispersa						
403	68,2	65,1	66,7	34,3	49,1	41,7
221	76,8	64,8	70,8	48,9	44,0	46,5
Promedio	72,5	65,0	68,8	41,6	46,6	44,1

1/ Localidades donde la cosecha (julio - enero) es preponderantemente mayor.

2/ Localidades donde la producción de cosecha y mitaca es equilibrada.

MEJORAMIENTO DE LA ALTURA Y CONFORMACION DE LA PLANTA

V.

V - MEJORAMIENTO DE LA ALTURA Y CONFORMACION DE LA PLANTA

Introducción.

En contraste con los cultivares comerciales de *C. arabica*, cuyas plantas muestran un fenotipo prácticamente invariable, el **Híbrido de Timor** presenta una marcada diversidad morfológica. Esta diversidad se manifiesta en los descendientes de los cruzamientos del **H de T** con dichos cultivares comerciales, en los cuales se observan grandes diferencias en características como la altura de las plantas; la curvatura, longitud y ángulo de inserción de las ramas; la forma, el tamaño, la consistencia, el relieve, el color y la posición de las hojas con respecto al eje de las ramas; la cantidad de ramificación secundaria, etc.

En el trabajo aquí desarrollado, la altura de la planta ha sido objeto de mayor atención pues constituye el factor determinante de la densidad de siembra, que a su vez influye decisivamente en la productividad. Otras características pueden afectar desfavorablemente la uniformidad y la estética de las plantaciones, pero su influencia en la productividad es menor.

En los numerales siguientes se mencionan aspectos generales del enanismo del café y se discuten los principales resultados del mejoramiento realizado en Colombia tendiente a reducir la altura de los descendientes de los cruzamientos de **C x H de T** y a obtener en ellos una variación fenotípica aceptable.

1. El porte bajo en el desarrollo de variedades mejoradas.

En casi todos los cultivos de interés económico se encuentran variantes de menor altura que las formas consideradas normales. SIMMOND (1979) registra 25 especies en las cuales el menor tamaño de la planta ha jugado un papel destacado en el desarrollo de cultivares mejorados. El interés que despiertan las formas enanas en los programas de mejoramiento está asociado al hecho de que admiten un uso eficaz de los avances tecnológicos.

Un ejemplo relevante se encuentra en los cereales, en los cuales el cultivo de variedades de poca altura permitió el empleo de altas dosis de fertilizantes sin provocar pérdidas por volcamiento. Este hallazgo, aparentemente sin trascendencia, fue decisivo para el desarrollo de la llamada revolución verde en la agricultura (BORLAUG, 1972).

Las variedades de café con porte reducido tienen una importancia especial en Colombia: en primer lugar, la mayoría de las fincas cafeteras son de tamaño pequeño y en estas condiciones, el cultivo intensivo con altas densidades de siembra ha sido un método eficiente para aumentar la productividad. En segundo lugar, el porte bajo facilita la recolección especialmente en terrenos de pendiente pronunciada que son los más comunes. Por último, las variedades de porte reducido permiten obtener un mayor número de cosechas antes de renovar la plantación debido a su altura excesiva.

1.1. Control genético del enanismo en el café.

En las plantas cultivadas los mecanismos que controlan el porte bajo varían aún entre cultivares de la misma especie, pero en la mayoría de los casos el carácter es gobernado por uno o varios genes de efecto mayor cuya expresión puede ser recesiva (ALLAN y otros, 1968; BRIGGLE y VOGEL, 1968; QUINBY, 1973; REITZ y SALMON, 1968) o dominante (ALSTON, 1976; BRIGGLE y VOGEL, 1968).

En *C. arabica* se han detectado varias poblaciones de porte bajo posiblemente originadas por mutaciones espontáneas en las variedades tradicionales Típica y Borbón. En la América Central se han descrito los cultivares Pache, Villalobos, Pacas y Villa Sarchí, y en el Brasil las variedades Caturra y San Bernardo (KRUG, 1958).

A partir de estos materiales CARVALHO (1959) separó tres factores genéticos, no alélicos, que controlan el enanismo: los genes Caturra (Ct), San Bernardo (SB) y San Ramón (SR). Este último parece ser un caso de herencia compleja.

El gen Ct, presente en la variedad Caturra, tiene dominancia casi completa y su efecto se refleja en la reducción de la longitud de los entrenudos, los tallos y las ramas, lo cual origina plantas de menor tamaño. La dominancia del gen Ct se mantiene en recombinaciones con otros mutantes espontáneos observados en la misma especie, que dependen también de genes de efecto mayor, dominantes o recesivos (CARVALHO, 1952), y aún en cruzamientos con la especie *C. canephora* (KRUG y CARVALHO, 1951). El gen Ct se ha aprovechado por medio de cruzamientos con la variedad Mundo Novo para sintetizar el cultivar Catuai, un híbrido que combina el porte bajo con vigor, productividad y amplia adaptación a las condiciones de Brasil (CARVALHO y MONACO, 1972b).

2. Incorporación del gen Ct en la descendencia de los cruzamientos de C x H de T desarrollados en Colombia.

El proceso de transferencia del gen Ct y la confirmación de su condición homocigota en la descendencia se cumple en las tres primeras generaciones.

Como se aprecia en la figura V-1, entre las poblaciones parentales Caturra e **Híbrido de Timor**, existe una diferencia de 110 cm en plantas de 30 meses de edad, que se considera como el efecto del gen Ct en condición homocigótica.

En la generación F1, de genotipo Ct ct, la altura media por planta es un poco mayor a la de la variedad Caturra. La curva de distribución de frecuencia de la F1 coincide en su mayoría con la de esta variedad, pero las dos poblaciones resultaron estadísticamente diferentes al comparar sus promedios, hechos que confirman la dominancia casi completa del gen Ct sobre la forma recesiva.

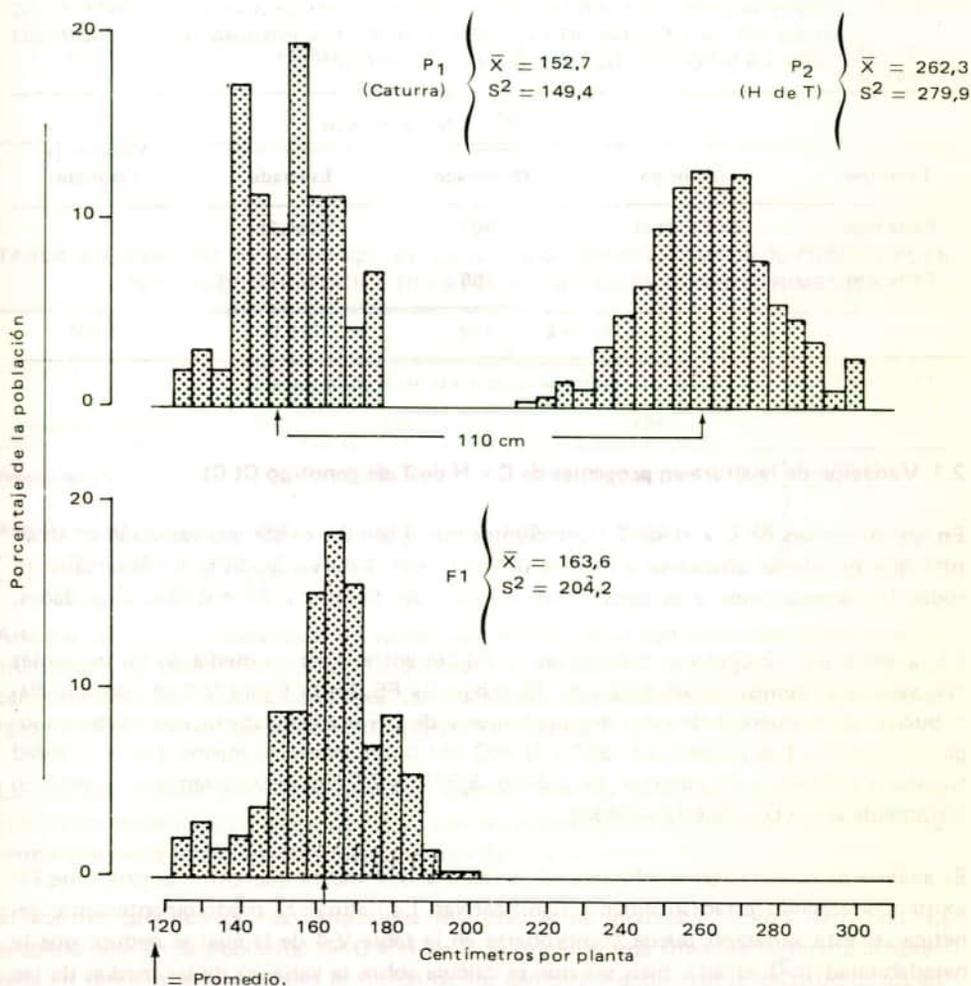


FIGURA V-1. Distribución de la altura en las poblaciones parentales Caturra (P₁), Híbrido de Timor (P₂) y la generación F1 de su cruzamiento.

La segregación en F2 (ver tabla V-1) comprueba que el porte bajo está gobernado por un solo par de alelos, cuya expresión no está interferida por la base genética del **Híbrido de Timor** ni por otros genes de efecto mayor.

La separación de los genotipos Ct Ct y Ct ct no puede hacerse visualmente sino a través de la segregación observada en la generación siguiente (F3), en la cual se seleccionan las progenies homocigotas por el gen Ct. No obstante, en las progenies Ct Ct se ha observado variación en su altura, un aspecto de interés que se discute a continuación.

TABLA V-1. SEGREGACION DE PLANTAS DE PORTE BAJO (Ct Ct ó Ct ct) Y PORTE ALTO (ct ct) EN LA GENERACION F2 DE C x H DE T Y PRUEBA DE Ji CUADRADO PARA LA HIPOTESIS DE UN SOLO GEN SEGREGANTE*.

Fenotipo	Genotipo	No. de plantas		Valor de Ji cuadrado
		Observado	Esperado	
Porte bajo	Ct Ct, Ct ct	593	584.25	
Porte alto	ct ct	186	194.75	
	S u m a	779	779.00	0.524

* Hipótesis nula: Los valores observados se ajustan a la hipótesis propuesta.

2.1. Variación de la altura en progenies de C x H de T de genotipo Ct Ct.

En los materiales de **C x H de T** homocigotos por el gen Ct, existe una variación en su altura que no puede atribuirse a efectos del ambiente. Esta variación se ha observado en todas las generaciones y es consistente a través del tiempo y en distintas localidades.

En la tabla V-2 se observan diferencias de 53 cm entre la altura media de las progenies con valores extremos, en un grupo de 70 progenies F5. En la figura V-2 se ilustra la distribución de frecuencia de estas dos progenies y de la variedad Caturra, que ocupa un lugar intermedio. Las progenies L 597 y N 203 son homogéneas, lo mismo que la variedad Caturra (coeficiente de variación de 6,3^o/o; 3,9^o/o y 7,2^o/o, respectivamente) y difieren claramente entre sí, y de esta variedad.

El análisis de la variación se muestra en la tabla V-3, e indica que entre las progenies F5 existen diferencias estadísticamente significativas. La naturaleza predominantemente genética de esta variación puede comprobarse en la tabla V-4 de la cual se deduce que la heredabilidad (h^2) es alta, bien sea que se calcule sobre la varianza de las medias de las progenies ($h^2 = \sigma_p^2 / V_{\bar{p}}$), o del promedio general de los árboles del experimento ($h^2 = \sigma_p^2 / V_{\bar{a}}$).

TABLA V-2. ALTURA MEDIA POR PLANTA Y VARIACION A LOS 29 MESES DE EDAD, EN 70 PROGENIES F5 DE C x H DE T HOMOCIGOTAS POR EL GEN Ct, EN DOS EXPERIMENTOS.

Material	Exp.	Promedio cm./pl	Intervalo	
			Progenies	Arboles
Progenies F5	81/2	165	138-182	125-200
	81/3	171	145-191	120-205
	\bar{X}	168		
Variedad Caturra	81/2	154	—	135-170
	81/3	171	—	160-185
	\bar{X}	163		

TABLA V-3. ANALISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA POR PLANTAS DE 70 PROGENIES F5 DE C x H DE T HOMOCIGOTICAS POR EL GEN Ct, EN DOS EXPERIMENTOS.

Fuente de variación	Experimento				C.M.E.
	81/2		81/3		
	GL	CM	GL	CM	
Progenies F5	35	1844,8**	35	2245,0**	$\sigma_a^2 + n\sigma_p^2$
Arboles en progenies	664	84,5	664	90,0	σ_a^2

** F significativo para P = 99%/o.

Además, se ha observado que las variaciones mencionadas son consistentes tal como se muestra en las tablas V-5 y V-6. Las pruebas de Ji cuadrado en progenies F3 y F4 indican con una alta probabilidad que los materiales tienden a conservar su ordenación, tanto a través del tiempo como de diferentes localidades.

Las consideraciones anteriores permiten suponer que las variaciones en la altura de las plantas en materiales de genotipo Ct Ct son de origen genético, atribuible a algún mecanismo que actúa independientemente del gen Ct.

El control genético de las variaciones referidas es de indudable interés científico. Es probable que en la población de C x H de T se presente una situación similar a la observada en cereales, en los cuales la acción de los genes que gobiernan la longitud de los entrenudos a veces está alterada por genes modificadores (ALLAN y otros, 1968; BRIGGLE y VOGEL, 1968; QUINBY, 1973; REITZ y SALMON, 1968), o por poligenes, en ocasiones con segregación transgresiva (REITZ y SALMON, 1968).

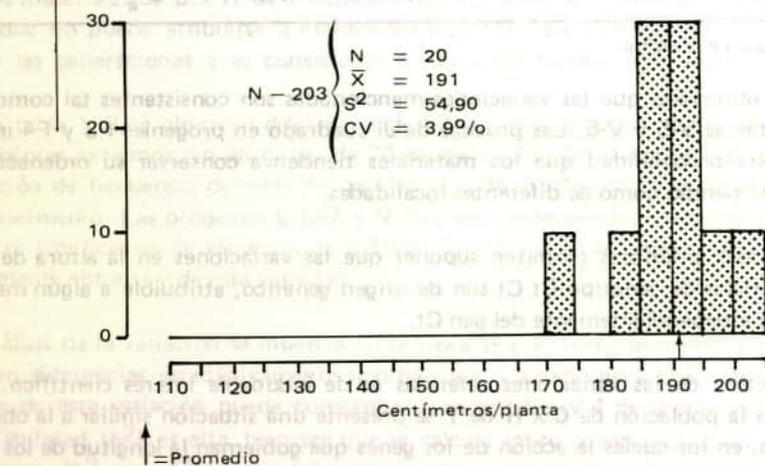
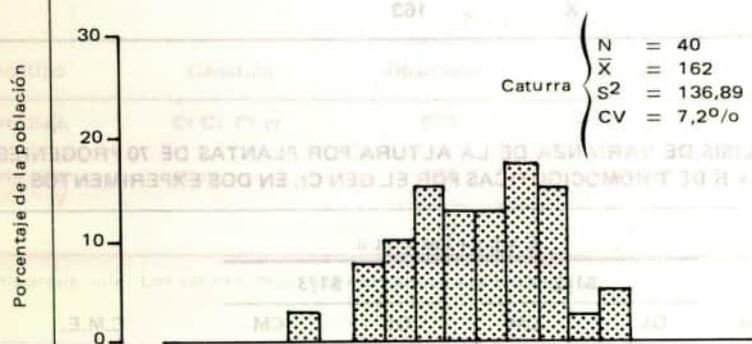
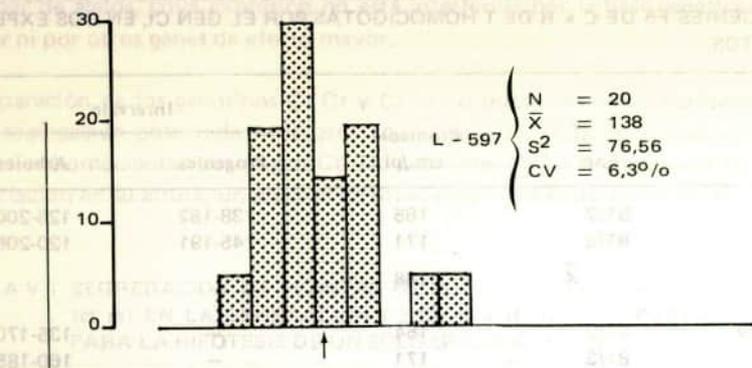


FIGURA V-2. Distribución de la altura en dos progenies F5 de C x H de T, con valores extremos, en comparación con la variedad Caturra.

TABLA V-4. COMPONENTES DE LA VARIANZA Y VARIANZAS MEDIAS DE LA ALTURA POR PLANTA EN 70 PROGENIES F5 DE C x H DE T HOMOCIGOTICAS POR EL GEN Ct, EN DOS EXPERIMENTOS.

Componente	Símbolo	Valor	
		Exp. 81/2	Exp. 81/3
Arboles en progenies	σ_a^2	50,66	90,0
Progenies	σ_p^2	82,49	110,1
Varianza de las medias 1/			
De árboles en el experimento	$V_{\bar{a}}$	173,15	200,07
De progenies	$V_{\bar{p}}$	94,50	114,07

$$1/ V_{\bar{a}} = \sigma_a^2 + \sigma_p^2 \quad V_{\bar{p}} = \frac{\sigma_a^2}{n} + \sigma_p^2$$

TABLA V-5. CLASIFICACION DE PROGENIES F3 DE C x H DE T SEGUN LA ALTURA DE LAS PLANTAS EN TRES EPOCAS, EN UNA LOCALIDAD Y PRUEBA DE LA CONCORDANCIA DE LOS RANGOS.

Progenies F3	Posición ocupada		
	Meses		
	17	27	41
1386	1	1	3
1404	2	2	9
1406	3	6	2
1313	4	3	1
1302	5	10	7
1000	6	7	8
1372	7	9	14
1402	8	4	5
1392	9	13	12
1409	10	5	4
1378	11	11	11
1304	12	8	10
1407	13	14	15
1429	14	12	6
1382	15	15	13
989	16	16	16

Prueba de concordancia de rangos de Kendall:

Hipótesis nula: Las ordenaciones no están correlacionadas.

Coefficiente X^2 de Kendall = 37,26 (estadísticamente significativo para $P = 99\%$)

TABLA V-6. CLASIFICACION DE PROGENIES F4 DE C x H DE T SEGUN LA ALTURA DE LAS PLANTAS A LOS 36 MESES DE EDAD EN CINCO LOCALIDADES, Y PRUEBA DE LA CONCORDANCIA DE LOS RANGOS.

Progenies F4	Posición ocupada				
	Localidades				
	Caldas 1	Caldas 2	Antioquia	Quindío	Tolima
323	1	7	4	1	12
322	2	4	6	4	4
203	3	3	7	3	11
41	4	8	1	6	9
170	5	1	3	7	6
403	6	2	9	5	1
404	7	6	2	2	3
192	8	11	8	8	16
208	9	10	13	14	8
293	10	5	5	13	10
153	11	13	11	9	5
221	12	12	14	12	2
399	13	14	12	11	7
394	14	15	15	16	13
137	15	9	10	10	14
248	16	16	16	15	15

Prueba de concordancia de rangos de Kendall:

Hipótesis nula: Las ordenaciones no están correlacionadas.

Coefficiente χ^2 de Kendall = 48,95 (estadísticamente significativo para $P = 99^0/0$).

Las diferencias en la altura de las progenies portadoras del gen Ct son de interés en el sentido que su altura guarda una relación positiva con la producción ($r = 0,61$, para $P = 99^0/0$). Esto sugiere la conveniencia de seleccionar entre las progenies de genotipo Ct Ct las de mayor altura, pero también indica que hay poca probabilidad de obtener genotipos con alturas menores sin afectar su producción. En este aspecto, en el programa realizado en CENICAFE se ha ejercido una débil presión selectiva al eliminar solamente las progenies de muy baja altura, cuando este carácter ha estado asociado con otros que introducen demasiada heterogeneidad en las mezclas de progenies.

Debe destacarse que al efectuar mezclas con progenies de genotipo Ct Ct, se introduce una heterogeneidad que es de importancia menor. Como se mostró en la tabla V-2, las variaciones extremas entre plantas de progenies F5 (120 a 205 cm) son asimilables a las que ocurren en la variedad Caturra (135 a 185 cm).

3. Uniformidad fenotípica.

En los ensayos establecidos en 1977 con progenies F4 en seis localidades fue registrada una notoria desuniformidad fenotípica posiblemente debida a combinaciones genotípicas recesivas, pues los progenitores habían sido escogidos por su aspecto sobresaliente. La variación de características como longitud, curvatura y ángulo de inserción de las ramas, tamaño, forma y simetría de la planta joven, eran aspectos que influían marcadamente en la heterogeneidad de la plantación.

En consecuencia, se procedió a estudiar la clase y cantidad de variación fenotípica dentro de cada progenie por medio de observaciones en todas las plantas en las distintas localidades. Se emplearon diferentes criterios para la evaluación, después de la cual se escogieron los siguientes para identificar los mejores fenotipos: vigor vegetativo, grado de similitud con la variedad Caturra, alta proporción de plantas sobresalientes por todos los aspectos y baja proporción de fenotipos indeseables. Estos cuatro criterios están correlacionados (ver tabla V-7) hecho que facilitó la elección de las mejores progenies.

Como resultado de este proceso se escogieron 11 progenies F4 de fenotipo superior (tabla V-8), en las cuales predominan las plantas vigorosas, de forma y desarrollo regular, con follaje abundante y apariencia similar a la variedad Caturra. Dentro de estas progenies se escogieron más de 200 progenitores que dieron origen a las siguientes generaciones. En las progenies F5 se ha refinado esta selección con el fin de identificar y eliminar las progenies que todavía segregan individuos indeseables. Las últimas progenies F5 seleccionadas forman una población difícilmente distinguible de la variedad Caturra y en la cual la heterogeneidad fenotípica indeseable se ha reducido a niveles insignificantes (ver figura V-3).

TABLA V-7. RELACION DE RANGOS DE SPEARMAN (r_s) ENTRE CARACTERISTICAS USADAS EN UNA EVALUACION FENOTIPICA DE PROGENIES F4 DE C x H DE T EN ENSAYOS EN SIETE LOCALIDADES.

Características	Correlación de rangos		
	2/	3/	4/
1/	0,59**	0,87**	-0,82**
2/	-	0,63**	-0,70**
3/	-	-	-0,89**

1/ Similitud con Caturra (escala ascendente de 1 a 10 puntos).

2/ Vigor vegetativo (escala ascendente de 1 a 10 puntos).

3/ Frecuencia de fenotipos sobresalientes.

4/ Frecuencia de fenotipos indeseables.

** Significativo para $P = 99\%$.



FIGURA V-3. Aspecto de los lotes sembrados con la Variedad Colombia, en los cuales puede observarse la uniformidad fenotípica.

TABLA V-8. CARACTERISTICAS MEDIAS EN PROGENIES F4 DE C x H DE T SOBRESALIENTES POR SU FENOTIPO, EVALUADO EN ENSAYOS EN SIETE LOCALIDADES.

Progenie No.	Similitud con Caturra 1/	Vigor vegetativo 1/	Frecuencia (o/o) de:	
			Fenotipos sobresalientes	Fenotipos indeseables
41	7,3	6,5	65,1	14,5
168	7,0	5,9	74,0	11,3
170	7,2	6,7	81,7	12,7
192	7,6	6,2	71,9	18,0
203	6,9	6,4	74,5	16,0
206	6,7	5,9	64,7	18,0
219	7,3	5,8	72,5	10,8
222	7,1	6,2	69,3	18,3
240	7,4	6,6	75,8	8,4
293	6,8	6,2	63,7	18,5
399	6,8	6,2	65,7	21,0

1/ Calificación por medio de una escala ascendente de 10 puntos.

4. Conclusiones.

Los genotipos que caracterizan a la variedad Caturra y al **Híbrido de Timor** han podido recombinarse exitosamente dando como resultado progenies de porte bajo, estables, cuyas plantas presentan abundante ramificación, follaje y vigor, tienen alta similitud con la variedad Caturra y agrónomicamente son compatibles en una mezcla de progenies.

El menor tamaño de los materiales obtenidos les permite ser usados con las mismas distancias de siembra acostumbradas en la siembra de variedades de porte bajo, con las conocidas ventajas que esta práctica conlleva. Las elevadas producciones en ensayos y en campos de agricultores, discutidas en el capítulo III, se han obtenido con altas densidades de siembra, gracias al porte bajo de los materiales mejorados.

Entre los materiales homocigóticos por el porte bajo (Ct Ct) existen variaciones en altura, al parecer controladas poligénicamente. Esta variación no afecta sustancialmente la homogeneidad de la plantación, pues la variación observada es de magnitud similar a la que presenta la variedad Caturra por causas puramente ambientales.

La heterogeneidad fenotípica observada en las generaciones F3 y F4 ha podido reducirse a niveles insignificantes en la F5. La plantación formada por la mezcla de estas progenies tiene un aspecto prácticamente idéntico al correspondiente a la variedad Caturra.

TABLE 1. TABLETAS DE MEDIAS EN PROGRESION DE LA FENOTIPICIDAD EN LAS GENERACIONES P3 Y P4 EN LAS UNIDADES C3 Y C4. LA DISTRIBUCION DE LOS INDIVIDUOS EN LAS UNIDADES C3 Y C4 EN LAS GENERACIONES P3 Y P4 SE MUESTRA EN LA TABLA 2.

Generación	Unidad	Media	Desviación Estándar
P3	C3	1.2	0.3
	C4	1.5	0.4
P4	C3	1.8	0.5
	C4	2.1	0.6

La distribución de los individuos en las unidades C3 y C4 en las generaciones P3 y P4 se muestra en la tabla 2.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que la fenotipicidad de las unidades C3 y C4 en las generaciones P3 y P4 es diferente. Esto se evidencia a través de las medias en progresión y de la distribución de los individuos en las unidades C3 y C4 en las generaciones P3 y P4. La fenotipicidad de las unidades C3 y C4 en las generaciones P3 y P4 es diferente a la fenotipicidad de las unidades C3 y C4 en las generaciones P1 y P2. Esto se evidencia a través de las medias en progresión y de la distribución de los individuos en las unidades C3 y C4 en las generaciones P1 y P2. La fenotipicidad de las unidades C3 y C4 en las generaciones P3 y P4 es diferente a la fenotipicidad de las unidades C3 y C4 en las generaciones P1 y P2. Esto se evidencia a través de las medias en progresión y de la distribución de los individuos en las unidades C3 y C4 en las generaciones P1 y P2.

VI - MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL GRANO

Introducción.

Las anomalías del grano de café se reflejan en mermas de la producción y de la calidad del producto comercial. Estos defectos adquieren mayor interés en materiales de origen híbrido, en los cuales las desarmonías genéticas o cromosómicas pueden incrementar considerablemente su frecuencia. Por esta razón, en el desarrollo de materiales derivados de cruzamientos con el **Híbrido de Timor** la calidad del grano ha sido uno de los aspectos que ha recibido mayor atención.

En este capítulo se discute la naturaleza de los diferentes defectos del grano y se detalla el proceso de selección para reducirlos a niveles similares a los de las variedades comerciales.

1. Desarrollo del fruto del café y naturaleza de las anomalías de las semillas.

El fruto normal del café es una drupa con dos semillas adosadas, que al término de su desarrollo tiene forma elíptica, plano convexa (ver figura VI-1a). Está rodeado de un pericarpio carnoso con las semillas encerradas en dos cavidades formadas por un endocarpio de consistencia leñosa. Las semillas están constituidas por endospermo verdadero. Después de la fecundación el fruto crece lentamente, y luego con rapidez, hasta alcanzar su tamaño definitivo a los 120 días. Simultáneamente el perispermo se desarrolla hasta ocupar toda la cavidad carpelar. Entre los 30 y 70 días después de la fecundación este tejido es consumido por el endospermo y finalmente queda reducido a una delgada película plateada que recubre las semillas. El cigoto inicia su crecimiento 40 ó 50 días después de la fecundación y da lugar a un embrión completo cuando el endospermo termina de ocupar la cavidad carpelar. Los trabajos de MENDES (1941, 1950), LEON y FOURNIER (1962) y DEDECA (1958) describen estos procesos detalladamente.

1.1. Anormalidades en las semillas.

La irregularidad en el número de lóculos del ovario, en el de endospermos y cigotos, y la detención del desarrollo del endospermo, dan origen a diferentes anomalías. Estos procesos han sido estudiados por MENDES (1946), LELIVELD y otros (1969) y VISHVESWARA y CHINNAPPA (1965). En seguida se describen brevemente las principales anomalías.

- a) **Semillas triangulares.** Resultan de ovarios poliloculados, generalmente con tres lóculos, cada uno de los cuales contiene un solo óvulo fértil (ver figura VI-1b).
- b) **Semillas monstruos o elefantes.** Este defecto también se conoce como falsa poliembriónía y se debe a la condición multiovulada de algunos lóculos, que a la madurez, presentan varias semillas irregulares dentro de la cavidad carpelar (ver figura VI-1c).
- c) **Semillas caracoles.** Se producen cuando uno de los óvulos aborta tempranamente, con atrofia de la cavidad locular. Como resultado, la semilla del otro lóculo se desarrolla libremente tomando la forma redondeada del fruto (ver figura VI-1d).
- d) **Semillas vacías.** Son producidas por el aborto tardío del óvulo fertilizado, que detiene el crecimiento del endospermo pero no de la cavidad locular. Los frutos tienen apariencia normal, pero pueden contener una o ambas cavidades vacías. El tamaño final del endospermo es variable, según el momento en que se detiene su desarrollo (ver figura VI-1e).

1.2. Causas de las anomalías.

Se atribuyen a factores intrínsecos de la planta o a efectos del ambiente. Las semillas vacías son frecuentes en híbridos interespecíficos y en autopoliplóides (CARVALHO y MONACO, 1969) y se han relacionado con irregularidades cromosómicas (FERWERDA, 1948; LELIVELD y otros, 1969); factores genéticos (ANTUNES Y CARVALHO, 1954; MENDES y otros, 1954; MENDES y MEDINA, 1955); anomalías de la polinización (LELIVELD, 1938; MENDES Y MEDINA, 1955) y deficiencias de nutrimentos (BECKLEY, 1953). Los granos caracoles se atribuyen generalmente a fallas en la fecundación, bien sea por deficiencias en la polinización, como ocurre en las especies diploides, o por inviabilidad del óvulo, que parece ser la causa predominante en *C. arabica* (CARVALHO y MONACO, 1969). Este tipo de grano también puede estar asociado a factores genéticos (DUBLIN, 1962; LELIVELD y otros, 1969); variaciones climáticas (ANTUNES, 1953) y edad de las plantas (DUBLIN, 1962). La falsa poliembriónía parece asociarse a irregularidades meióticas, como consecuencia de las hibridaciones (VISHVESWARA y CHINNAPPA, 1965), mientras que la formación de granos triangulares se puede explicar por diferencias varietales.

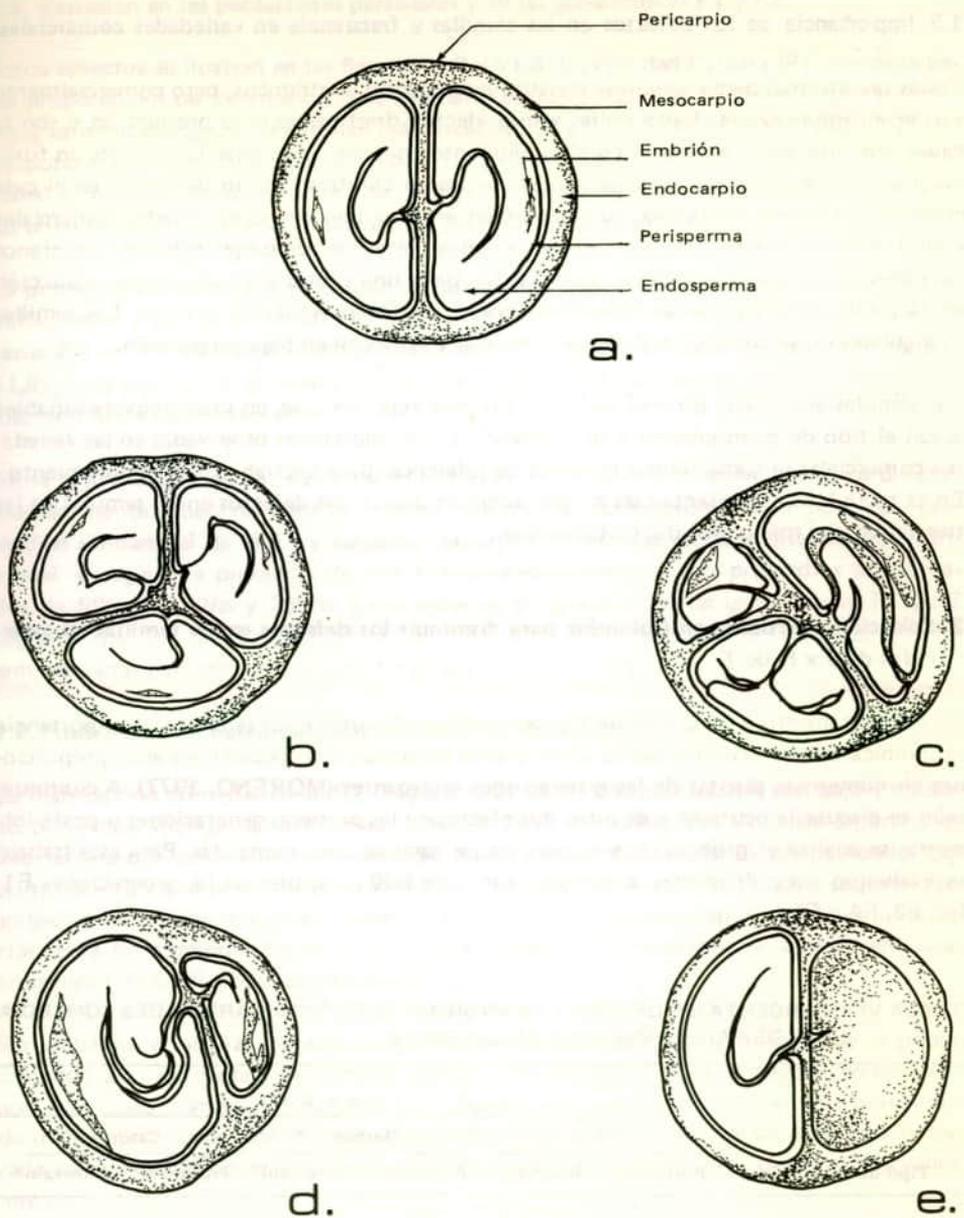


FIGURA VI-1. Cortes transversales del fruto del café en que se muestra la estructura del fruto (a) y diferentes anomalías de las semillas: (b) granos triángulos, (c) semillas mostruos o elefante, (d) granos caracol y (e) semillas vacías.

1.3. Importancia de los defectos en las semillas y frecuencia en variedades comerciales.

Todas las anomalías descritas constituyen defectos anatómicos, pero comercialmente varían en importancia. Las semillas vacías afectan drásticamente la producción y son la causa principal de reducciones en el rendimiento, es decir, en la relación del café en fruto maduro a café comercial. Los granos mostruos se clasifican como deshecho en el café comercial, pero en Colombia, su proporción es muy baja en las variedades comerciales y solo alcanzan niveles considerables en algunos materiales de origen híbrido. Los granos caracoles no son rechazados en el mercado, pero una proporción alta indica reducción en la producción ya que se deben a la ausencia de una semilla en el fruto. Las semillas triangulares no se consideran defecto comercial y aparecen en baja proporción.

Las semillas anormales ocurren en todos los materiales de café, en proporciones variables según el tipo de germoplasma y de ambiente. Las proporciones observadas en las variedades comerciales se toman como términos de referencia para los trabajos de mejoramiento. En la tabla VI-1 se presentan las proporciones medias de los defectos en las semillas en las tres variedades más conocidas en Colombia.

2. Selección practicada en Colombia para disminuir los defectos en las semillas en materiales de C x H de T.

En los cruzamientos de **C x H de T** producidos en Colombia los defectos de importancia económica son las semillas vacías y los granos caracoles, que ocurren en altas proporciones en numerosas plantas de las generaciones segregantes (MORENO, 1977). A continuación se discute la ocurrencia de estos dos efectos en las primeras generaciones y posteriormente se analiza el proceso de selección en las generaciones avanzadas. Para este trabajo se evaluaron las poblaciones parentales y más de 500 progenies de las generaciones F1, F2, F3, F4 y F5.

TABLA VI-1. PORCENTAJES DE SEMILLAS ANORMALES EN TRES VARIETADES COMERCIALES DE CAFÉ SEMBRADAS EN COLOMBIA.

Tipo de anomalía	Variedades					
	Típica		Borbón		Caturra	
	Promedio	Intervalo	Promedio	Intervalo	Promedio	Intervalo
Semillas vacías	3,5	2,4 - 6,9	3,6	2,8 - 4,8	3,6	2,0 - 5,3
Granos caracoles	8,0	6,1 - 10,8	7,6	7,1 - 8,5	8,7	6,4 - 10,6
Semillas triangulares	1,6	0,4 - 2,4	6,4	4,1 - 9,4	4,9	3,4 - 2,2
Semillas monstruos	1,1	0,5 - 1,7	0,7	0,3 - 1,0	1,1	0,7 - 2,3

2.1. Variación en las poblaciones parentales y en las generaciones F1 y F2.

Estos aspectos se ilustran en las figuras VI-2 y VI-3. La variedad Caturra (P1) presenta bajas proporciones de semillas vacías y de granos caracoles (2,90/o y 7,80/o, respectivamente) y es marcadamente homogénea (varianzas de 1,4 y 5,3). El **Híbrido de Timor** (P2) tiene porcentajes altos de ambos defectos (160/o para semillas vacías y 19,50/o para caracoles) y una gran variabilidad que se deduce de las varianzas, 37 y 17 veces mayores que las observadas en la variedad Caturra para los mismos tipos de semilla.

La primera generación, F1, es similar al **Híbrido de Timor** en los porcentajes medios de semillas vanas y granos caracoles (18,60/o y 18,20/o) y en los intervalos de variación. Las varianzas en los defectos mencionados indican también una gran variabilidad (52,3 y 51,8). Esta generación presenta distribuciones unimodales en ambos defectos, con sesgo marcado hacia los valores altos.

En la segunda generación, F2, las distribuciones de frecuencia de ambos defectos difieren marcadamente. Mientras para los granos caracoles la distribución es unimodal, con promedios similares al de la F1 y varianza mayor, en las semillas vacías la distribución es trimodal y sugiere la presencia de tres poblaciones diferentes, con promedios aproximados de 50/o, 12,50/o y 350/o. Estos tipos de distribución en las generaciones F1 y F2 sugieren que los granos caracoles están controlados poligénicamente, mientras que las semillas vanas parecen controladas por pocos factores hereditarios.

2.2. Posible control hereditario del vaneamiento de las semillas.

La distribución trimodal de la F2 (Figura VI-2) señala dos poblaciones con bajo y mediano porcentaje, que presentan zonas comunes. Estas dos poblaciones pueden separarse de una tercera que tiene alto porcentaje de granos vanos. El número de plantas en las dos primeras está en la proporción de tres a uno con relación a la última, lo cual sugiere la segregación de un gen mayor con dominancia parcial de la baja proporción de semillas vacías. Esta proporción observada en toda la población F2 se mantiene también en varias progenies F2 estudiadas separadamente.

Sin embargo, al analizar la tercera generación de plantas F2 provenientes de la población con alto porcentaje de semillas vacías (más de 250/o), que se supone compuestas por individuos homocigóticos recesivos, aparece en la descendencia un alto porcentaje de plantas con poco vaneamiento (menos del 50/o). Esto constituye un resultado inesperado cuya explicación se intenta postulando la inestabilidad del genotipo con alto vaneamiento.

Un cambio cromosómico estructural, inestable y reversible, sería responsable de los altos y medianos porcentajes de semillas vacías. Las plantas con porcentajes medianos (50/o a 250/o) serían portadoras de tal modificación en forma heterocigótica, mientras que las plantas con más del 250/o la llevarían en forma homocigota. Las plantas con poco vaneamiento carecerían de tal modificación.

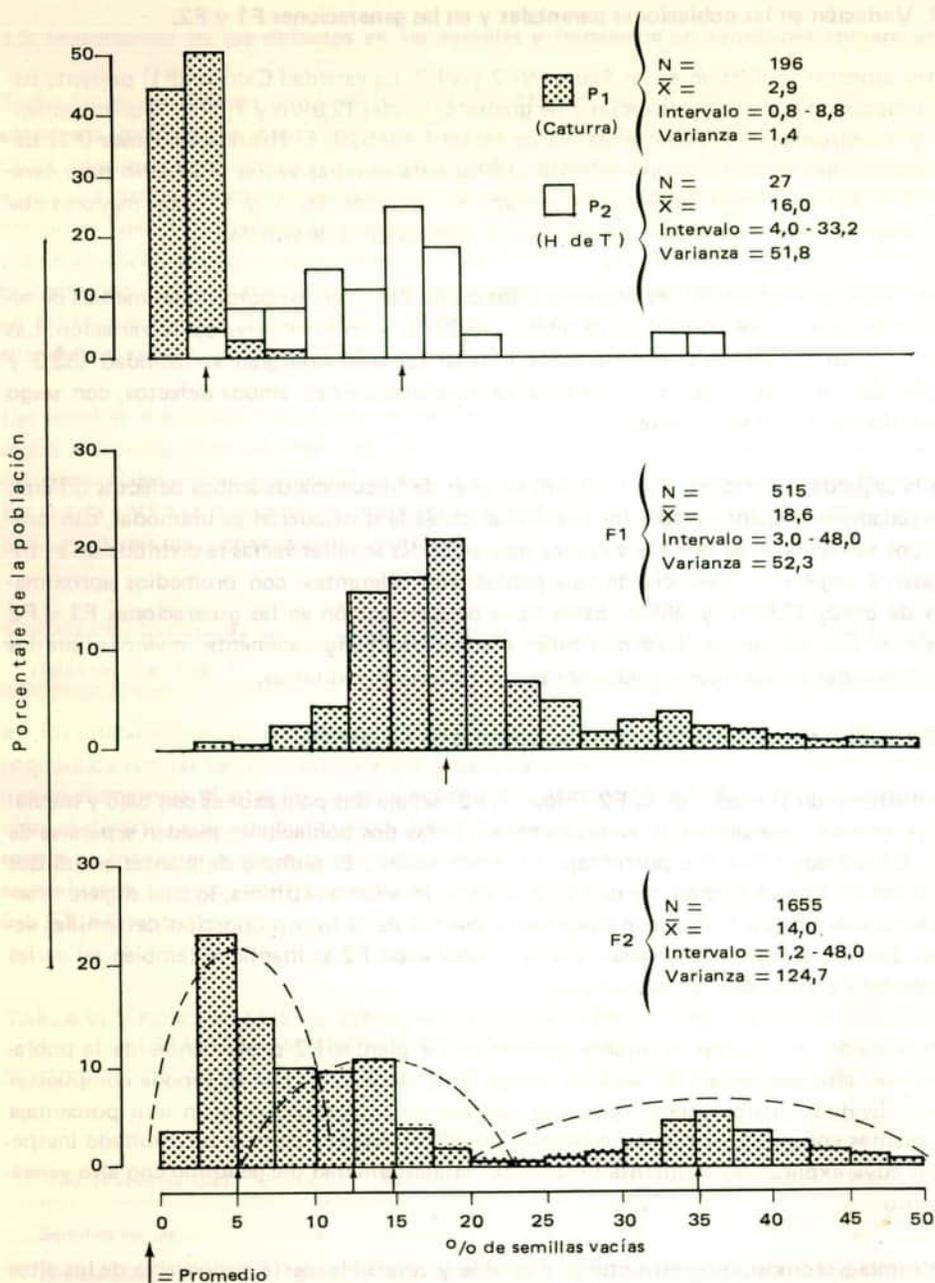


FIGURA VI-2. Variación en el porcentaje de semillas vacías en las poblaciones parentales Caturra (P₁), Híbrido de Timor (P₂), y en las generaciones F₁ y F₂.

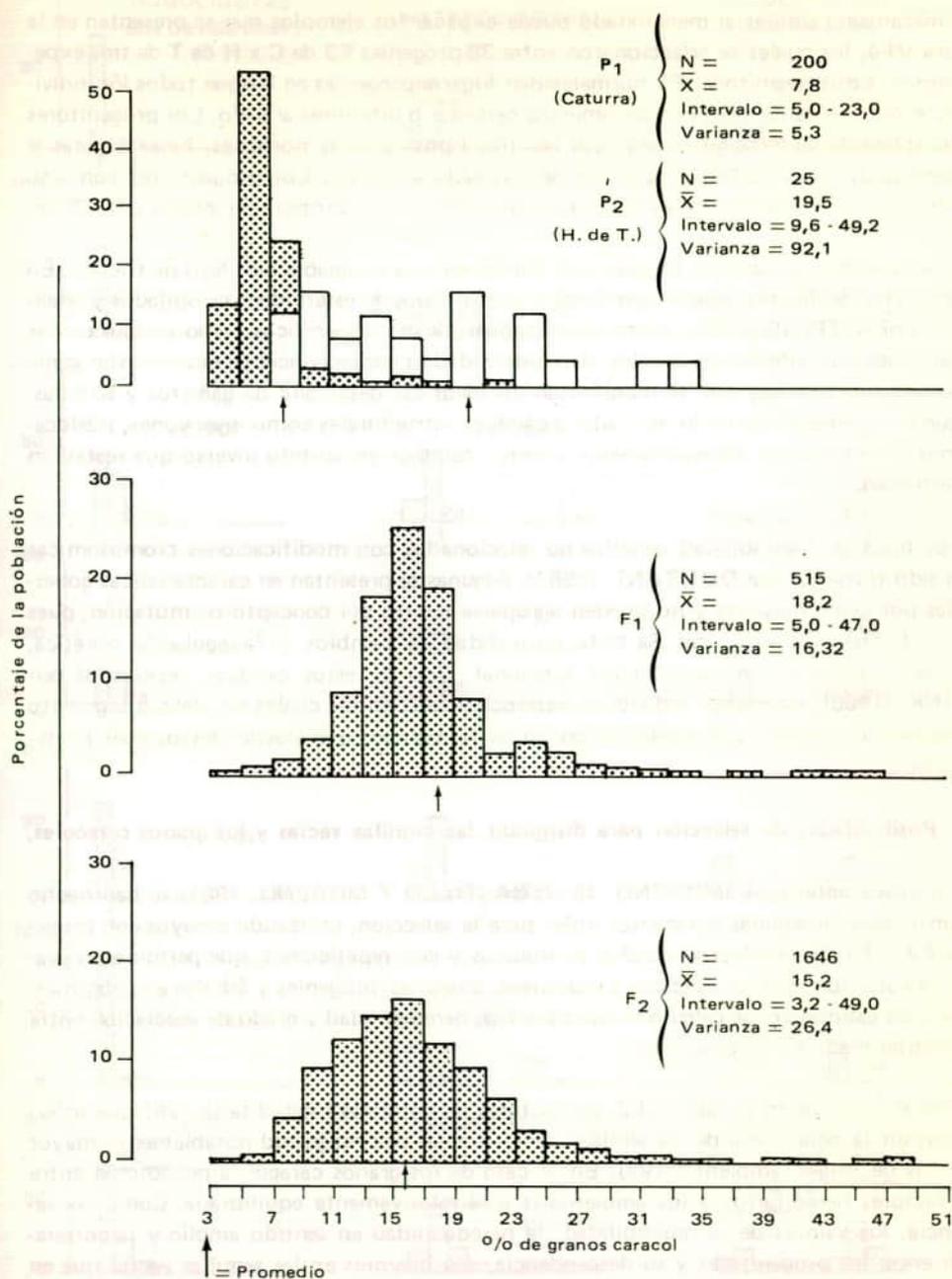


FIGURA VI-3. Variación en el porcentaje de granos caracoles en las poblaciones parentales Caturra (P₁), Híbrido de Timor (P₂), y en las generaciones F₁ y F₂.

Un mecanismo similar al mencionado puede explicar los ejemplos que se presentan en la figura VI-4, los cuales se seleccionaron entre 38 progenies F3 de C x H de T de tres experimentos. Los progenitores F2 normales dan lugar a progenies en las que todos los individuos producen cantidades de vaneamiento cercanas o inferiores al 5^o/o. Los progenitores supuestamente heterocigotos segregan los tres tipos: plantas normales, heterocigotas y homocigotas recesivas, en proporción aproximada al 19^o/o. Los progenitores con alto porcentaje de vaneamiento segregan plantas normales en proporción media del 32^o/o.

La inestabilidad estructural mencionada parece ser una razonable hipótesis de trabajo. En efecto, el vaneamiento puede asimilarse a ciertos tipos de esterilidad, recopilados y analizados por STEBINS (1960), tanto en cruzamientos interespecíficos como en selecciones y variedades de diferentes especies. Esta esterilidad es consecuencia de desarmonías genéticas y cromosómicas que se manifiestan en fallas del desarrollo de gametos y semillas. Algunas de estas fallas están asociadas a cambios estructurales como inversiones, traslocaciones y deleciones. Ocasionalmente ocurren cambios en sentido inverso que restauran la fertilidad.

Otros tipos de inestabilidad genética no relacionados con modificaciones cromosómicas han sido revisados por DURRANT, (1981). Algunas se presentan en características gobernadas por genes mayores y no pueden agruparse dentro del concepto de mutación, pues tienen frecuencias muy altas. Se trata, en realidad, de cambios en la regulación genética, que se manifiestan en inestabilidad funcional. Uno de estos cambios, analizados por BRINK (1960), ocurre en individuos heterocigóticos, en los cuales un alelo o segmento cromosómico induce una modificación en su homólogo, que puede desaparecer posteriormente.

2.3. Posibilidades de selección para disminuir las semillas vacías y los granos caracoles.

En trabajos anteriores (MORENO, 1977; CASTILLO Y MORENO, 1981) se han hecho estimaciones de algunas constantes útiles para la selección, utilizando ensayos con progenies F2 y F3. Se emplearon diseños jerárquicos y con repeticiones, que permitieron evaluar la variación relativa asociada a muestreos, cosechas, progenies y árboles en progenies. Con tales estimativos se calculó la repetibilidad, heredabilidad y grado de asociación entre las plantas madres y su progenie.

Como se observa en la tabla VI-2, los factores de naturaleza hereditaria (Vh) que intervienen en la ocurrencia de las semillas vacías tienen una magnitud notablemente mayor que los de origen ambiental (Va). En el caso de los granos caracol la proporción entre los factores hereditarios y los ambientales está relativamente equilibrada. Como consecuencia, los valores de la repetibilidad, la heredabilidad en sentido amplio y la correlación entre los progenitores y su descendencia, son mayores en las semillas vacías que en los granos caracoles. Esta tendencia también se comprueba por la regresión de F3 sobre F2, usada por SIMMOND (1979) como un estimativo de la heredabilidad realizada, cuyo valor también es mayor en el caso del vaneamiento.

TABLA VI-2. ALGUNOS VALORES ESTIMADOS EN LA SELECCION POR DEFECTO DEL GRANO, EN CRUZAMIENTOS DE CATURRA x HIBRIDO DE TIMOR (REFERENCIAS: MORENO, 1977; CASTILLO Y MORENO, 1981).

Estimativo	Generación	Valor del estimativo	
		Semillas vanas	Granos caracol
Relación Va: Vh*	F2	1,0:6,8	1,0:1,6
	F3	1,0:9,0	1,0:1,9
Repetibilidad (R)	F2	0,86	0,57
	F3	0,85	0,56
Heredabilidad en sentido amplio (h ²)	F2	0,86	0,61
	F3	0,51	0,56
Correlación de F2 vs. F3 (r)		0,88	0,59
Regresión F3 sobre F2 (b)		0,53	0,30

* Va = Componentes ambientales de la variación.

Vh = Componentes hereditarios de la variación.

La mayor heredabilidad en las semillas vacías se refleja en una mayor respuesta a la selección, como se aprecia más adelante. A continuación se describe el progreso en la selección en las germinaciones más avanzadas.

2.4. Resultados de la selección en las generaciones avanzadas.

La selección de plantas con vaneamiento inferior al 50/o ha proporcionado un método eficaz de reducir este defecto. En esta forma se eliminan en una o dos generaciones las plantas que segregan porcentajes altos o medianos aún en el caso de partir inicialmente de plantas con porcentaje elevado. El efecto de esta selección se ilustra en la figura VI-5, por medio de seis progenies F3 cuatro de las cuales son segregantes. Al pasar de la tercera a la cuarta generación, el porcentaje de semillas vacías se reduce a niveles cercanos al 50/o y el intervalo de variación rara vez supera el 150/o.

En la tabla VI-3 se muestra la forma como se han modificado los promedios en semillas vacías y granos caracol debido a la selección, en las generaciones F1 hasta la F5. Con relación a la primera, el promedio del vaneamiento de la F5 representa una disminución del defecto del 750/o.

En los granos caracoles, que aparentemente presentan una menor heredabilidad, no ha sido posible ejercer una fuerte presión selectiva por la necesidad de considerar aspectos prioritarios como el mismo vaneamiento, la resistencia a la roya y el fenotipo de las plantas, que se reflejan en la producción y en la uniformidad. Con relación a la generación F1, la cantidad de granos caracoles de la quinta generación representa una reducción del 370/o.

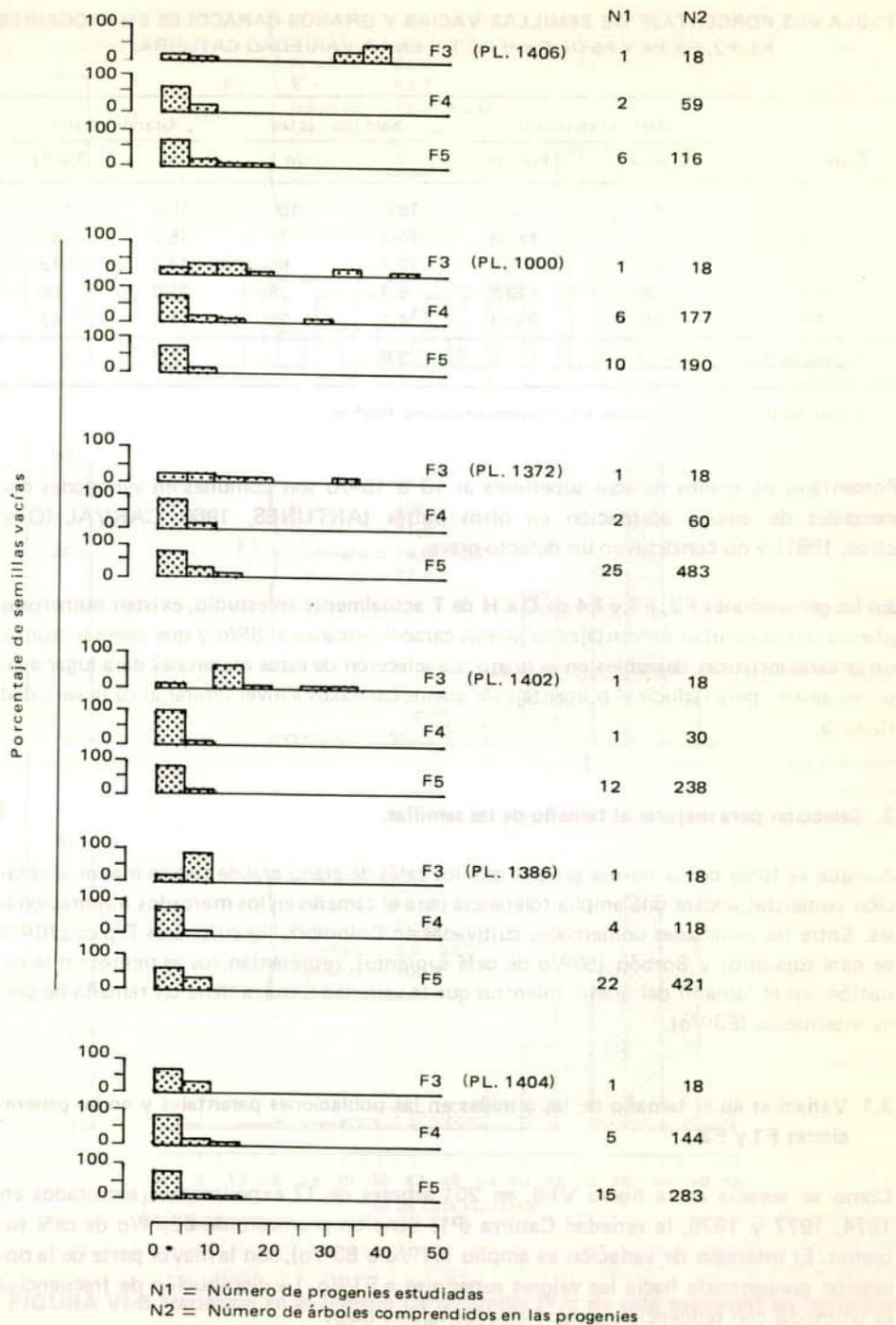


FIGURA VI-5. Evolución en la selección por vaneamiento a partir de progenies F3, homo-cigotas y segregantes.

TABLA VI-3. PORCENTAJE DE SEMILLAS VACIAS Y GRANOS CARACOLES EN PROGENIES F1, F2, F3, F4 Y F5 DE C x H DE T Y EN LA VARIEDAD CATURRA.

Generación	Material estudiado		Semillas vacías		Granos caracol	
	Progenies	Plantas	\bar{X}	% 1/	\bar{X}	% 1/
F1	40	515	18,6	100	18,2	100
F2	86	1.655	14,0	75	15,2	83
F3	47	590	12,7	68	14,2	78
F4	30	868	5,3	28	11,0	60
F5	105	2.034	4,7	25	11,4	62
Variedad Caturra			3,6		8,7	

1/ Con relación a la generación F1, considerada como 100%.

Porcentajes de granos caracol superiores al 10 ó 15% son comunes en variedades comerciales de amplia aceptación en otros países (ANTUNES, 1960; CARVALHO y otros, 1961) y no constituyen un defecto grave.

En las generaciones F2, F3 y F4 de C x H de T actualmente en estudio, existen numerosas plantas que presentan porcentajes de granos caracol cercanos al 8% y que además reúnen otras características deseables en el grano. La selección de estos materiales dará lugar a algunos ajustes para reducir el porcentaje de granos caracoles a nivel similar al de la variedad Caturra.

3. Selección para mejorar el tamaño de las semillas.

Aunque se toma como norma general que los cafés de grano grande tienen mayor aceptación comercial, existe una amplia tolerancia para el tamaño en los mercados internacionales. Entre las variedades comerciales cultivadas en Colombia, los cultivares Típica (70% de café supremo) y Borbón (50% de café supremo), representan los extremos en la variación, en el tamaño del grano, mientras que la variedad Caturra tiene un tamaño de grano intermedio (63%).

3.1. Variación en el tamaño de las semillas en las poblaciones parentales y en las generaciones F1 y F2.

Como se aprecia en la figura VI-6, en 201 árboles de 17 experimentos sembrados en 1974, 1977 y 1978, la variedad Caturra (P1) tiene un promedio de 62,7% de café supremo. El intervalo de variación es amplio (31% a 83%), con la mayor parte de la población concentrada hacia los valores superiores a 51%. La distribución de frecuencias es unimodal con tendencia al sesgo hacia los valores bajos.

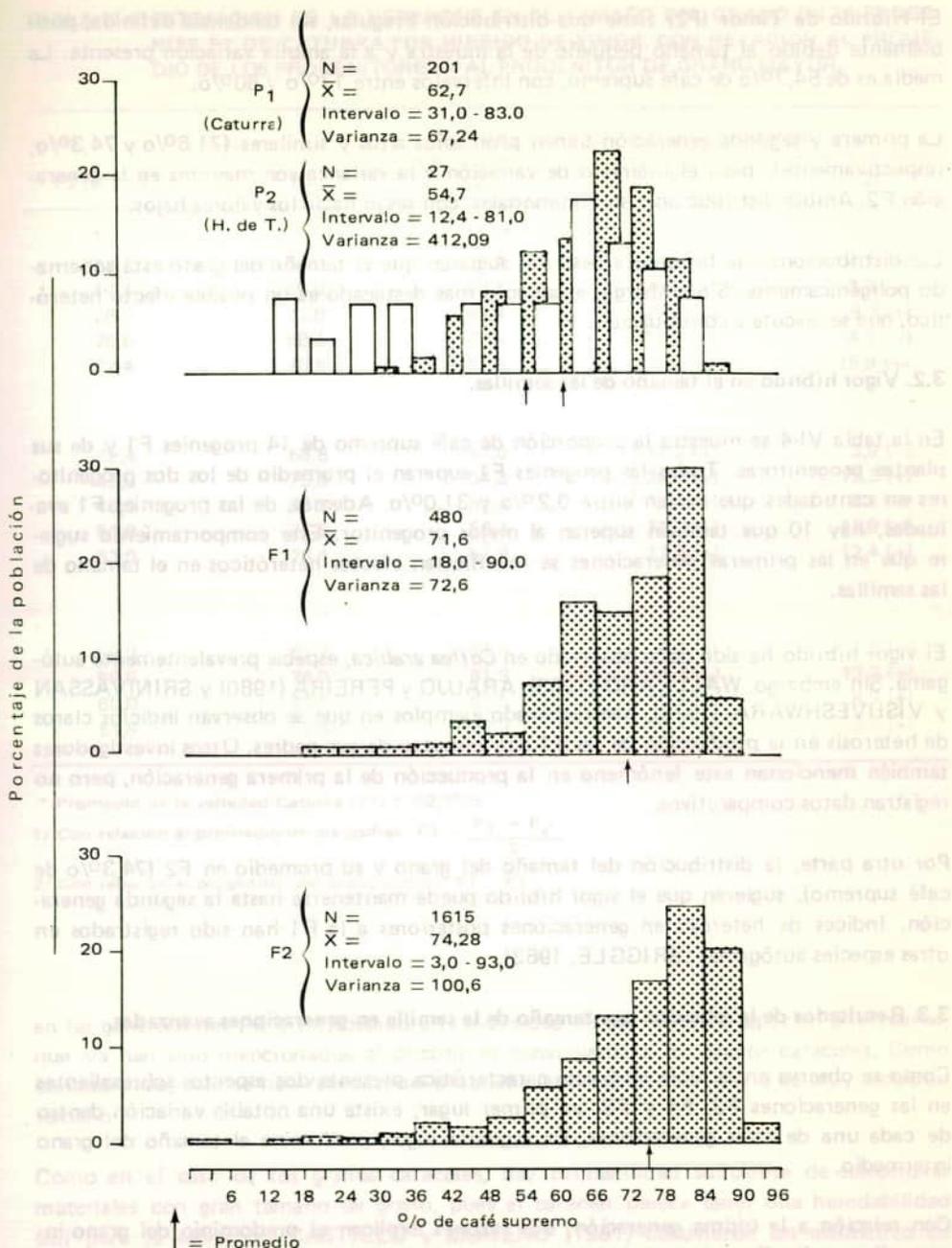


FIGURA VI-6. Variación en el tamaño de la semilla (0/o de café supremo) en las poblaciones parentales Caturra (P₁) e Híbrido de Timor (P₂), y en las generaciones F₁ y F₂.

El **Híbrido de Timor (P2)** tiene una distribución irregular, sin tendencia definida, posiblemente debido al tamaño pequeño de la muestra y a la amplia variación presente. La media es de 54,7% de café supremo, con intervalos entre 13% y 80%.

La primera y segunda generación tienen promedios altos y similares (71,6% y 74,3%, respectivamente), pero el intervalo de variación y la varianza son mayores en la generación F2. Ambas distribuciones son unimodales, con sesgo hacia los valores bajos.

Las distribuciones de frecuencia descritas sugieren que el tamaño del grano está gobernado poligénicamente. Sin embargo, el aspecto más destacado es un posible efecto heterótico, que se discute a continuación.

3.2. Vigor híbrido en el tamaño de las semillas.

En la tabla VI-4 se muestra la proporción de café supremo de 14 progenies F1 y de sus plantas progenitoras. Todas las progenies F1 superan el promedio de los dos progenitores en cantidades que varían entre 0,2% y 31,0%. Además, de las progenies F1 evaluadas, hay 10 que también superan al mejor progenitor. Este comportamiento sugiere que en las primeras generaciones se manifiestan efectos heteróticos en el tamaño de las semillas.

El vigor híbrido ha sido poco observado en *Coffea arabica*, especie prevalentemente autógama. Sin embargo, WALLYARO (1983), ARAUJO y PEREIRA (1980) y SRINIVASSAN y VISHVESHWARA (1978), han registrado ejemplos en que se observan indicios claros de heterosis en la producción de las F1 con respecto de sus padres. Otros investigadores también mencionan este fenómeno en la producción de la primera generación, pero no registran datos comparativos.

Por otra parte, la distribución del tamaño del grano y su promedio en F2 (74,3% de café supremo), sugieren que el vigor híbrido puede mantenerse hasta la segunda generación. Índices de heterosis en generaciones posteriores a la F1 han sido registrados en otras especies autógamas (BRIGGLE, 1963).

3.3. Resultados de la selección por tamaño de la semilla en generaciones avanzadas.

Como se observa en la tabla VI-5 esta característica presenta dos aspectos sobresalientes en las generaciones F3, F4 y F5: en primer lugar, existe una notable variación dentro de cada una de estas generaciones. En segundo lugar, predomina el tamaño del grano intermedio.

Con relación a la última generación, dos razones explican el predominio del grano intermedio en ella. De una parte, es probable que el vigor híbrido, manifiesto en las F1 y F2, haya decrecido en las generaciones siguientes a causa de la homocigosis debida a las sucesivas autofecundaciones. Por otra parte, se ha ejercido una débil presión selectiva

TABLA VI-4. ESTIMACION DE LA HETEROSIS EN EL TAMAÑO DEL GRANO EN 14 PROGENIES F1 DE CATURRA POR HIBRIDO DE TIMOR, CON RELACION AL PROMEDIO DE LOS PROGENITORES Y AL PROGENITOR DE GRANO MAYOR.

P2 (H de T)	F1	P ₁ * + P ₂		
		2	1/	Heterosis 2/
12,7	58,0	37,7	20,3 (+)	4,7 (-)
17,4	66,0	40,1	25,9 (+)	3,3 (+)
26,1	72,0	44,4	27,6 (+)	9,3 (+)
28,8	58,4	45,8	12,8 (+)	4,1 (-)
32,4	78,6	47,6	31,0 (+)	15,9 (+)
32,4	58,8	47,6	11,2 (+)	3,9 (-)
45,9	75,0	54,3	20,7 (+)	12,3 (+)
46,0	65,8	54,4	11,4 (+)	3,1 (+)
50,0	74,6	56,4	18,2 (+)	11,9 (+)
53,0	75,1	57,9	17,2 (+)	12,4 (+)
59,3	61,2	61,0	0,2 (+)	1,5 (-)
59,9	76,0	61,3	14,7 (+)	13,3 (+)
60,0	71,5	61,4	10,1 (+)	8,8 (+)
61,8	72,4	62,3	10,1 (+)	9,7 (+)

* Promedio de la variedad Caturra (P₁) = 62,7^o/o.

1/ Con relación al promedio de los padres: $F1 - \frac{P_1 + P_2}{2}$

2/ Con relación al progenitor del grano mayor: $F1 - P_1$

en las generaciones F3 y F4, debido a la necesidad de dar énfasis a aspectos prioritarios, que ya han sido mencionados al discutir lo conveniente a los granos caracoles. Como consecuencia, solo se han retirado del programa las progenies con grano de muy reducido tamaño.

Como en el caso de los granos caracoles, hay probabilidad suficiente de seleccionar materiales con gran tamaño de grano, pues el carácter parece tener una heredabilidad útil para la selección. CASTILLO y MORENO (1981) obtuvieron un estimativo de 0,39, que puede subestimar el verdadero valor de la heredabilidad a juzgar por los elevados coeficientes de correlación y regresión entre progenitores y progenie en varias generaciones (tabla VI-6).

TABLA VI-5. DISTRIBUCION DE PROGENIES F3, F4 Y F5 DE C x H DE T, SEGUN SU PORCENTAJE MEDIO DE CAFE SUPREMO.

°/o café supremo	G e n e r a c i ó n		
	F3	F4	F5
Intervalo de frecuencia	Número de progenies		
20,1 - 30,0	1	1	11
30,1 - 40,0	4	4	9
40,1 - 50,0	10	5	17
50,1 - 60,0	6	4	15
60,1 - 70,0	11	8	11
70,1 - 80,0	5	8	9
80,1 - 90,0	10	—	—
Número de progenies	47	30	72
Porcentaje medio	65,0	61,7	49,4
Intervalo de variación	25,9	22,7	17,3
	89,4	76,8	74,0

TABLA VI-6. COEFICIENTE DE CORRELACION (r) Y REGRESION (b) DE LOS PORCENTAJES DE CAFE SUPREMO, AL RELACIONAR PLANTAS DE UNA GENERACION Y EL PROMEDIO DE SU PROGENIE, EN LA GENERACION SIGUIENTE.

Generaciones correlacionadas	Número de pares correlacionados	r	b
F2 y F3	41	0,85**	0,85**
F3 y F4	30	0,69**	0,81**
F4 y F5	38	0,67**	0,87**

** Significativo para P = 99°/o.

4. Conclusiones.

En la tabla VI-7 se presentan las características del grano correspondientes a las progenies F5 de C x H de T sobresalientes por su comportamiento agronómico.

Las características del grano de las variedades comerciales son los límites prácticos para la selección, que no se han alcanzado en todos los casos. Para las semillas vacías el nivel logrado se acerca a ese límite, pero en el caso de los granos caracol y del tamaño de las semillas, todavía existe un margen aprovechable por medio de selección.

TABLA VI-7. CARACTERISTICAS DEL GRANO DE PROGENIES F5 DE C x H DE T SOBRESALIENTES POR SU COMPORTAMIENTO AGRONOMICO.

Progenie F5	Semillas vacías o/o	Semillas caracol o/o	Café supremo o/o
C 430	4,5	14,8	51,4
L 34	5,4	9,5	45,6
L 393	2,9	11,9	59,2
L 557	3,8	11,7	44,7
L 680	4,0	11,6	48,9
L 685	4,8	11,6	57,0
L 687	3,7	11,3	38,3
L 748	4,7	10,0	49,9
N 66	3,8	12,9	68,1
N 125	3,5	12,9	52,6
N 230	5,2	8,8	39,4
N 298	5,2	10,8	52,3
N 798	4,5	11,8	49,6
N 946	3,9	13,0	52,5
P 489	5,5	10,4	42,8
P 547	4,4	11,8	75,1
P 660	4,1	9,3	74,0
P 684	3,9	10,1	66,0
P 723	3,3	8,9	55,5
P 744	3,9	9,9	66,7
P 780	5,3	10,4	61,1
P 841	3,7	13,1	42,3
P 853	5,1	12,8	39,6
P 887	3,3	9,4	67,7
R 82	5,4	11,5	51,3
R 94	4,1	13,6	45,8
R 136	4,3	13,1	39,5
R 422	3,3	10,0	74,1
R 585	5,1	13,7	51,3
S 174	4,2	7,3	47,6
S 335	5,2	11,0	66,5
S 607	4,4	12,2	41,7
S 614	4,1	11,6	57,4
S 625	6,2	10,2	39,3
S 634	2,3	13,4	51,7
S 658	4,0	10,7	39,6
S 706	4,7	12,1	51,1
Promedio	4,4	11,2	52,8
Var. Caturra	3,6	7,8	62,7

La necesidad de tener siempre presentes los hechos científicos, ha impuesto al autor un método de trabajo que se resume en los siguientes puntos: 1.º La selección de los datos, 2.º La clasificación de los datos, 3.º La interpretación de los datos, 4.º La síntesis de los datos, 5.º La verificación de los datos, 6.º La aplicación de los datos.

Los datos científicos que se han utilizado en esta obra, han sido tomados de los trabajos de los autores de los mismos, pero con el propósito de dar un panorama general de la resistencia a la roya.

MELIORAMIENTO POR RESISTENCIA
A LA ROYA

VII

VII - MEJORAMIENTO POR RESISTENCIA A LA ROYA

Introducción.

Desde fines del siglo XIX se ha realizado esfuerzos para utilizar la resistencia a la roya, existente en las especies diploides más conocidas del género *Coffea*. Algunos híbridos naturales de *C. arabica* x *C. liberica* fueron seleccionados y propagados vegetativamente en Java desde 1886, y en la India se emplearon cruzamientos artificiales de estas dos especies, hechos por los propios agricultores, para seleccionar las series conocidas como BA y S, que dieron origen a algunos materiales utilizados como cultivares (NARASIMHASWAMY, 1960). También han sido objeto de selección varios cruzamientos entre *C. arabica* y *C. canephora* hechos a principios de este siglo en Java, y más recientemente en la India, Brasil, Costa de Marfil y Kenia (CARVALHO y MONACO, 1971; CAPOT, 1972; VOSEN y WALYARO, 1981). Sin embargo, las barreras naturales de origen citológico existentes entre la especie tetraploide *C. arabica* y las especies diploides, dificultaron el aprovechamiento de estos híbridos en las primeras décadas del siglo XX y han retrasado su empleo en los últimos años.

El **Híbrido de Timor** presenta ventajas importantes con relación a los primeros híbridos obtenidos, pues además de las cualidades que posee, explicadas anteriormente, sus cruzamientos con variedades de *C. arabica* dan origen a poblaciones en que predominan las plantas normales.

Desde que se inició en el CIFIC el estudio del **H de T** en 1955, se comprobó que era portador de genes de resistencia diferentes de los encontrados en materiales de *C. arabica*, pues las razas patogénicas a éstos no lo eran al **H de T**. Además, en el **H de T** y en los descendientes de sus cruzamientos con *C. arabica* se ha detectado resistencia parcial, tanto en materiales desarrollados en Colombia (LEGUIZAMÓN, 1985), como en otros del mismo origen (CHAVES y ABREU, 1978; KAISER, 1981; ESKES, 1983).

La experiencia obtenida al presentarse la roya en países como Angola, Brasil y las repúblicas Centroamericanas, indicó que las razas patogénicas a poblaciones de *C. arabica* portadoras de genes de resistencia, aparecían rápidamente en materiales experimentales aún no utilizados en cultivo comercial.

Por estas razones, y por las evidentes ventajas agronómicas que tiene el **H de T** sobre otra clase de germoplasma, el programa de mejoramiento por resistencia a la roya efectuado en Colombia dió prelación a esta selección como progenitor resistente en cruzamientos con cultivares comerciales de *C. arabica*.

En esta parte del trabajo se discuten los conocimientos actuales sobre la herencia de la resistencia a la roya, se presentan los resultados de las pruebas de resistencia en los materiales desarrollados en Colombia y se discute la evidencia que respalda la presencia de varios genes de resistencia en la población de **C x H de T**, aspecto que constituye la base del esquema de diversidad genética seguido en este trabajo.

1. Herencia de la resistencia.

La observación inicial de la especialización fisiológica en *Hemileia vastatrix* y el primer estudio genético de su asociación con *Coffea* spp se deben a MAYNE (1932), quien identificó dos genes de resistencia en variedades locales de la India. Los estudios posteriores, realizados por NORONHA-WAGNER y BETTENCOURT (1967, 1971) en el CIFC, permitieron la separación de cinco genes dominantes, dos de los cuales coinciden con los identificados por Mayne (RODRIGUES y otros, 1975).

En la tabla VII-1 se indican las fuentes y orígenes de estos cinco factores. Los genes SH1, SH2, SH4 y SH5 son característicos de germoplasma de *C. arabica*, mientras que el gen SH3 solo se ha observado en selecciones de la India, probablemente derivadas de cruzamientos con *C. liberica* (RODRIGUES y otros, 1975). El gen SH5 es el más difundido, pues ocurre tanto en materiales derivados de híbridos interespecíficos como en cafés silvestres y en cultivares utilizados en todos los países cafeteros (CIFC, 1965).

TABLA VII-1. FUENTES Y GENES DE RESISTENCIA A *H. vastatrix* EN *Coffea arabica* Y EN CRUCES CON OTRAS ESPECIES.

Genes	Material	Región o país de origen
SH1 - SH4	Café silvestre	Etiopía
SH2	Café Kent, café silvestre	India, Etiopía
SH3	Híbridos de <i>C. arabica</i> x <i>C. liberica</i>	India
SH5	Café silvestre y cultivado	Países cafeteros
SH6 y otros	Híbrido de Timor (<i>C. arabica</i> x <i>C. canephora</i>)	Isla de Timor

La hipótesis de gen a gen, desarrollada por FLOR (1955) para explicar las interacciones de hospedante-parásito, se ha aplicado con éxito al complejo *Coffea* spp: *Hemileia vastatrix*. La labor de identificación de razas, desarrollada por el CIFIC desde 1955, ha separado hasta el momento un total de 30 razas, sobre 29 plantas diferenciales pertenecientes a las especies *C. arabica*, *C. racemosa*, *C. congensis* y *C. canephora* y dos híbridos interespecíficos (RODRIGUES y otros, 1975).

En la tabla VII-2 se explica la relación café-roya en el caso de los materiales de *C. arabica* portadores de los cinco genes mencionados y de sus razas afines. En esta tabla se incluyen 31 de las 32 razas posibles, omitiendo la que carece de genes de virulencia. Con números romanos se identifican las 13 razas halladas hasta ahora sobre los 20 diferenciales.

El aspecto más importante es la gran variabilidad originada por el grupo de genes de resistencia que, como se aprecia en la tabla citada, ha determinado la existencia hasta el momento de 20 grupos fisiológicos que corresponden a igual número de combinaciones genotípicas.

En el caso de los materiales derivados del **H de T** y de sus razas compatibles, la interpretación de la relación gen a gen no está completamente dilucidada, pues los genes de resistencia no se han separado completamente como en *C. arabica*, ya que no existen todavía las razas necesarias para su identificación. En la tabla VII-3 se muestran los espectros de reacción determinados en el CIFIC en descendientes de los cruzamientos de *C. arabica* x **H de T** inoculados con las seis razas determinadas en ellos. Un gen de resistencia está claramente identificado (SH6) y se ha postulado la existencia de tres más denominados provisionalmente como SH7, SH8 y SH9 (BETTENCOURT y LOPES, 1982). Estos cuatro genes, además de los que probablemente caracterizan el grupo A, explican los grupos fisiológicos 1, 2, 3, 4, R y A.

Algunos de los grupos fisiológicos que aparecen en las tablas VII-2 y VII-3 requieren explicación adicional para facilitar la discusión posterior. El grupo A está formado por las plantas resistentes a todas las razas en colección y por tanto, se presume la existencia en aquellas de uno o más genes de resistencia diferentes de los identificados hasta ahora. La determinación de estos genes solo podrá hacerse después de la aparición de nuevas razas patogénicas.

El grupo E solo tiene el gen de resistencia SH5, actualmente sin vigencia o valor práctico, pues el gen de virulencia que lo invalida, v5, es de ocurrencia general en las razas presentes en todos los países cultivadores. Por esta razón, el grupo E se toma como tipo "susceptible" en las variedades de *C. arabica*. Finalmente, los grupos 4 y R comprenden dos genotipos que en las pruebas rutinarias no son separados.

TABLA.VII-2. INTERPRETACION DE LA RELACION HOSPEDERO-PARASITO PARA EL COMPLEJO *C. arabica* - *H. vastatrix* DE ACUERDO CON LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL CIFIC 1/.

Plantas diferenciales		Genes de resistencia a la roya	
Razas fisiológicas de <i>H. vastatrix</i> 2/	Genes de virulencia 3/		
I	1	849/1	1
II	2	128/2	1
	3	635/2	4
	4	63/1	5
	5	134/4	1,4
		87/1	1,5
III	1,2	32/1	2,5
	1,3	32/1	3,5
	1,4	33/1	4,5
	1,5	1006/10	1,2,5
	2,3	H 153/2	1,3,5
IV	2,4	635/3	1,4,5
	2,5	34/3	2,3,5
	3,4	H 152/3	2,4,5
	3,5	H 151/1	3,4,5
	4,5	H 150/8	1,2,3,5
VII	1,2,3	HW 17/12	1,2,4,5
	1,2,4	H 148/5	1,3,4,5
	1,2,5	H 147/1	2,3,4,5
	1,3,4	HW 18/21	1,2,3,4,5
	1,3,5		
XV	1,2,3		
	1,2,4		
	1,2,5		
	1,3,4		
	1,3,5		
XVII	1,2,3		
	1,2,4		
	1,2,5		
	1,3,4		
	1,3,5		

Continúa . . .

TABLA VII-3. INTERPRETACION DE LA RELACION HOSPEDANTE-PARASITO PARA LOS MATERIALES DERIVADOS DE CRUZAMIENTOS DE *C. arabica* x H DE T Y SUS RAZAS AFINES, SEGUN INVESTIGACIONES REALIZADAS POR EL CIFIC (Adaptado de Bettencourt, 1981).

Denominación	Razas de <i>H. vastatrix</i>	Genes de virulencia (v)	Plantas diferenciales y genes de resistencia								
			63/1 SH5	1343/269 SH6	H 440/7 SH5 SH6	H 419/20 SH?	H 420/2 SH?	H 420/10 SH?	832/1 SH?		
II		5	S	-	-	-	-	-	-	-	-
XXXII		6	-	S	-	-	-	-	-	-	-
XXII		5, 6	S	S	S	-	-	-	-	-	-
XXX		5, otros	S	-	-	-	-	S	-	-	-
XXXI		5, 6, otros	S	S	S	S	S	-	-	-	-
XXIX		5, 6, otros	S	S	S	S	S	M.S.	S	S	-
Grupos fisiológicos			E	R	4	3	2	1			A

S = Susceptible.

- = Resistente.

M.S. = Medianamente susceptible.

2. Resultado de las pruebas de resistencia a roya en los materiales de C x H de T desarrollados en Colombia y selección practicada en ellos.

Más de 55.000 plántulas descendientes de 567 progenitores pertenecientes a la generación F1, F2, F3 y F4 del cruzamiento mencionado, han sido inoculadas en el CIFIC de Portugal con su colección de razas patogénicas. Los resultados se muestran resumidamente en la tabla VII-4.

Todos los progenitores evaluados son portadores de genes de resistencia, los cuales dan origen a descendientes clasificados en los grupos fisiológicos A, 1, 2, 3, 4-R y E.

El grupo fisiológico A predomina en todas las generaciones. La ausencia de algunos grupos fisiológicos en las primeras generaciones se debe a que no se disponía de las razas necesarias para su identificación cuando se efectuaron las inoculaciones. En las progenies de la generación más avanzada, F5, las mayores frecuencias corresponden a los grupos A (77,00/o), 1 (18,10/o) y E (3,50/o), mientras que los grupos 2, 3 y 4-R aparecen en muy baja proporción, menor del 10/o.

El criterio adoptado en Colombia para la selección de los progenitores, en cada una de las generaciones estudiadas, ha sido la proporción del grupo fisiológico E en sus progenies. En la tabla VII-5 se clasifican los 567 progenitores analizados, de acuerdo con la proporción del grupo E en su descendencia. Como se aprecia en esta tabla, solamente tres progenitores F3 originan exclusivamente descendientes del grupo E. Esta clase de progenitores, de genotipo SH5 SH5, son eliminados del programa.

TABLA VII-4. FRECUENCIA DE GRUPOS FISIOLÓGICOS EN PROGENIES DE CUATRO GENERACIONES DEL CRUCE C x H DE T, DESARROLLADAS EN COLOMBIA E INOCULADAS EN EL CIFIC CON LA COLECCIÓN DE RAZAS DE *H. vastatrix*.

Progenitores		Generación inoculada	Plántulas probadas No.	Progenies					
Generación	Cantidad probada			Grupos fisiológicos y su frecuencia (o/o)					
				A	1	2	3	4-R	E
F1	19	F2	784	97,1	—	—	—	0,8	2,1
F2	80	F3	3.041	81,1	12,4	—	2,5	—	4,0
F3	266	F4	16.192	65,1	22,1	0,1	5,7	1,0	6,0
F4	202	F5	35.805	77,0	18,1	0,1	0,9	0,4	3,5
Suma	567		55.82						
Promedio				74,1	18,7	0,1	2,3	0,6	4,2

TABLA VII-5. ARBOLES PROGENITORES DERIVADOS DE CRUZAMIENTOS CON EL H DE T, CLASIFICADOS DE ACUERDO CON LA PRESENCIA DE PLANTAS DEL GRUPO E EN SU DESCENDENCIA.

Generación del progenitor	Progenitores analizados	Clasificación		
		1/	2/	3/
F1	19	0	10	9
F2	80	0	59	21
F3	266	3	199	64
F4	202	0	134	68
Suma	567	3	402	162

1/ = Progenitores que producen solamente descendientes del grupo E.

2/ = Progenitores que no producen descendientes del grupo E.

3/ = Progenitores que producen descendientes del grupo E y de otros grupos.

De los 567 progenitores, hay 402 en que no ha detectado descendientes del grupo E. Estas plantas pueden ser portadoras de uno o más genes de resistencia en condición homocigota y por esta circunstancia son seleccionadas preferentemente.

En 162 progenitores existen genes de resistencia pero en condición heterocigota. Esto se deduce porque en sus progenies aparecen plantas del grupo E y de otros grupos. Cuando la proporción del grupo E es alta se supone que el progenitor posee pocos genes de resistencia, probablemente uno solo, y en consecuencia, son eliminados del programa. Pero en algunas progenies la proporción del grupo E es muy baja, probablemente por la presencia en el progenitor de varios genes de resistencia segregantes. En estos casos la progenie se mantiene en el programa si, además, sobresale por otras características de interés.

Cuando el número de genes segregantes es alto se requiere una gran cantidad de plántulas en la progenie que se somete a pruebas de resistencia. Por esta razón las pruebas en el CIFIC, realizadas sobre 200 plántulas por progenie aproximadamente, se están complementando ahora en Colombia después de la llegada de la roya. Estas pruebas se realizan con la raza II, (v5), en plántulas F6 provenientes de semilla recolectada en materiales F5 destinados a la multiplicación de semilla. De cada familia F6 se prueban 1.000 plántulas, aproximadamente, y por lo tanto, las frecuencias observadas tienen un amplio margen de seguridad. Los resultados respectivos se muestran en la tabla VII-6 y confirman la baja proporción de plántulas susceptibles o del grupo E, en los materiales de selección avanzada.

TABLA VII-6. PROPORCION DE PLANTULAS DEL GRUPO E EN POBLACIONES F6 DE C x H DE T, INOCULADAS EN COLOMBIA EN 1985 CON LA RAZA II DE *H. vastatrix*.

Población F6	Plántulas inoculadas	Grupo E o/o
M-L 685	900	0,0
M-N 798	997	0,0
M-N 799	997	0,0
M-R 422	996	0,0
M-N 66	934	0,0
M-P 887	997	0,0
M-L 695	698	0,0
M-R 431	990	0,0
M-S 614	947	0,0
M-S 706	997	0,1
M-P 723	1.000	0,1
M-S 621	998	0,1
M-P 547	949	0,1
M-R 585	995	0,1
M-S 10	998	0,1
M-P 489	999	0,1
M-L 742	996	0,2
M-S 393	1.000	0,2
M-L 101	994	0,2
M-N 125	998	0,3
M-L 987	987	0,4
M-R 742	998	0,4
M-L 687	848	0,7
M-L 570	997	0,9
M-S 634	949	1,5
M-S 701	997	1,7
M-S 717	997	1,8
M-L 665	995	1,9
M-P 579	999	1,9
Promedio General =		0,43

3. Variación genética en los cruzamientos de C x H de T desarrollados en Colombia.

La diversidad genética que se desea obtener requiere de la presencia de varios genes de resistencia en la población experimental. En los materiales derivados del H de T no puede hacerse una determinación precisa del número de genes, tal como se hace en *C. arabica*,

debido a la falta de las razas necesarias para la identificación de los genes. No obstante, es posible hacer estimativos aproximados del número de genes presentes, valiéndose de algunos de los resultados disponibles.

En primer lugar, la aplicación de la hipótesis gen a gen a la interacción de razas y plantas diferenciales hechas por los investigadores del CIFIC sugiere la presencia de cuatro genes de resistencia y de otros no determinados todavía. En los materiales desarrollados en Colombia se encuentran los mismos grupos fisiológicos, de donde se deduce que en estos materiales hay por lo menos cuatro genes de resistencia.

La proporción en que se presenta el grupo A en la población total, 75% aproximadamente, insinúa que este grupo depende de un solo gen, que sumado a los anteriores, indicaría la presencia de cinco genes de resistencia en los materiales desarrollados en Colombia.

Una forma de estimar el número de genes de resistencia en segregación, es por medio de la frecuencia del grupo E (SH5 SH5), bien sea en el conjunto de progenitores o en sus respectivas progenies.

En la tabla VII-7 se indica la frecuencia esperada para el genotipo SH5 SH5, suponiendo un número variable de genes en segregación en dos clases de población, y se agrega la frecuencia observada en estas poblaciones en materiales de **C x H de T** desarrollados en Colombia. Ninguno de los 80 progenitores F2 es del grupo E (SH5 SH5) y solamente cuatro de los 67 progenitores RC1F1, son de genotipo SH5 SH5. Estos resultados sugieren la presencia de por lo menos tres genes en el grupo de progenitores F2 y de un mínimo de cuatro genes en los progenitores retrocruzados.

También se puede estimar el número de genes, utilizando las progenies segregantes que tienen suficiente cantidad de plántulas inoculadas. Para esta prueba se escogió un grupo

TABLA VII-7. FRECUENCIAS OBSERVADA Y ESPERADA DE PLANTAS DEL GRUPO E (SH5 SH5), EN PROGENIES F2 Y RC1(F1), DERIVADAS DE CRUZAMIENTOS CON EL H DE T.

Generación del Progenitor	Frecuencia observada	Plantas del grupo E (Genotipo SH5 SH5)			
		Frecuencia esperada según el número de genes en segregación			
		1	2	3	4
F2	0/80	1/4	1/16	1/64	1/256
RC1(F1)	1/16,75*	1/4	1/4	1/8	1/16

* Cuatro plantas del grupo E en un total de 67 plantas.

de 225 progenies de distinta generación y en cada una de ellas se estudió el número de genes por medio de pruebas de Ji cuadrado. Los resultados se muestran en la tabla VII-8 e indican que en estos materiales puede haber hasta cuatro genes en segregación. El número de plántulas probadas no permitió explorar la posible existencia de cinco genes pero la baja proporción de plantas susceptibles lo sugiere.

Los análisis anteriores conducen a pensar que en la descendencia de los cruzamientos de **C x H de T** desarrollados en Colombia se encuentra un número de genes no inferior a cuatro, que probablemente llegue a 5. La presencia de los grupos fisiológicos A, 1, 2, 3, 4-R y E en las generaciones F2 a F5, sugiere que todos o algunos de estos genes se encuentran en condición heterocigota, dando origen a una amplia variación de genotipos de resistencia dentro de tales generaciones.

4. Resistencia a enfermedades diferentes a la roya (*H. vastatrix*).

En pruebas efectuadas en varios países han sido encontradas plantas resistentes a diferentes patógenos en poblaciones del **H de T** o en descendencia de sus cruzamientos con *C. arabica*. Estas pruebas involucran a los patógenos *Colletotrichum coffeanum* (CARVALHO y otros, 1978), *Hemileia coffeicola* (LOURD y HUGUENIN, 1982), *Fusarium oxysporium* (CARDOSO y SERA, 1981), *Pseudomonas syringae* (CARDOSO y SERA, 1981), y al nemátodo *Meloidogyne* (FAZUOLI y LORDELLO, 1978; ARAUJO y otros, 1981), y al insecto *Leucoptera coffeella* (D'ANTONIO y PAULA, 1981).

TABLA VII-8. NUMERO PROBABLE DE GENES DE RESISTENCIA SEGREGANTES, DETERMINADO EN PROGENIES DE CRUZAMIENTOS SENCILLOS DE C x H DE T, Y EN RETROCRUCES A LA VARIEDAD CATURRA.

Cruzamiento	Generación probada	No. progenies	Cantidad de progenies con un número probable de genes*			
			1	2	3	4
C x H de T	F3	18	9	9	—	—
C x H de T	F4	55	28	20	6	1
C x H de T	F5	56	21	17	15	3
RC1 (F1)	F2	39	32	7	3	—
RC1 (F1)	F3	9	5	1	3	—
RC1 (F2)	F2	48	33	13	2	—
S u m a		225	128	67	26	4

* Resultados ajustados con la prueba de Ji cuadrado.

Respecto a la incidencia de enfermedades diferentes a la roya (*H. vastatrix*), en los materiales de **C x H de T** desarrollados en Colombia, el interés principal ha sido observar el comportamiento del material básico respecto al C.B.D., una enfermedad ausente del país pero potencialmente tan severa como la roya. En segundo término se han hecho algunas observaciones preliminares con relación a dos de los patógenos presentes en el país. Estas experiencias se presentan resumidamente a continuación.

Enfermedad del fruto o C.B.D. (*Colletotrichum coffeanum*). En 1976 y 1977 fueron enviadas a Kenia para evaluación por resistencia a la enfermedad, tres progenies del **H de T**, 38 progenies **F4** y 16 progenies **F3** del cruzamiento de **C x H de T**.

En todas las progenies enviadas se encontraron plantas resistentes. Seis progenies **F4** resultaron homogéneamente resistentes, mientras que en las demás, la segregación de plantas susceptibles varió entre 60% y 69% (COFFEE RESEARCH FOUNDATION, 1976 y 1978).

Algunas de las progenies enviadas a Kenia fueron aprovechadas en el programa de mejoramiento de ese país, para desarrollar materiales resistentes a la roya, al C.B.D. y adaptados a las condiciones locales (VOSSEN, 1985; VOSSEN y WALYARO, 1981). Este trabajo dio como resultado la obtención de la variedad Ruiru II, liberada recientemente por los investigadores de Kenia (WALYARO y otros, 1982).

Llaga Macana (*Ceratocystis fimbriata*). Un grupo de 588 árboles, pertenecientes a 31 progenies del **H de T** derivadas de las tres colecciones hechas por el CIFC, fueron inoculadas en Cenicafé con este patógeno. Después de ocho meses de efectuada la inoculación, el 68% de las plantas mostraron reacciones de resistencia, consistentes en la detención del crecimiento de la lesión alrededor del sitio de inoculación (FEDERACAFE, 1983a).

Mancha de Hierro (*Cercospora coffeicola*). Una evaluación en 11 progenies **F4** de **C x H de T** efectuada durante dos cosechas mostró que estos materiales varían en el grado de susceptibilidad a esta enfermedad, pero en general son tan afectados como la variedad Caturra (FEDERACAFE, 1983b). La susceptibilidad a *Cercospora* en los materiales derivados del **H de T** se ha observado en varios países y notoriamente en el Brasil (MIGUEL y otros, 1980). Sin embargo, parece un problema menor. Este hecho se ha comprobado en Colombia en las progenies **F5** de **C x H de T** en las cuales el grado de ataques de *Cercospora*, medido por el porcentaje de café "pasilla", no ha sobrepasado los niveles comunes en las plantaciones comerciales. Además, la incidencia de la enfermedad puede atenuarse con fertilizaciones suficientes y oportunas, como lo demostraron FERNANDEZ y otros (1966).

5. Conclusiones.

En las progenies derivadas de los cruzamientos de **C x H de T** se ha acumulado una gran diversidad de genotipos de resistencia, originados en las combinaciones genéticas a que dan lugar los genes mayores aportados por el progenitor resistente. Esta diversidad probablemente esté complementada con resistencia parcial, comprobada en materiales del mismo origen.

En el programa ejecutado en Colombia se busca conservar la diversidad genotípica eliminando solamente las progenies que superan un límite preestablecido de segregantes del grupo E y formando con las restantes una mezcla en la cual se mantienen los genes de resistencia en todas sus combinaciones posibles. En una población de esta naturaleza la diversidad genética es mayor que en una multilínea formada por cinco componentes homogotos cada uno con un gen de resistencia, o en una formada por las 10 combinaciones binarias, cuya obtención implicaría un prolongado trabajo de mejoramiento.

La variación genética en los cultivares es garantía de la estabilidad de su resistencia. En primer lugar, en una mezcla como la diseñada en este trabajo, no se ejerce presión selectiva sobre ninguna raza en particular. En segundo lugar, es poco probable la presencia súbita, o en tiempo reducido, de numerosas razas de genotipo simple (v6, v7, etc.), como tampoco lo es la formación y proliferación de razas complejas capaces de anular cualquier combinación genotípica resistente. En la práctica las razas complejas no proliferan en poblaciones naturales muy diversas, ni han ocurrido, según BROWNING (1974), en multilíneas de avena cultivadas por más de 19 años. Según este autor, esta situación se debe a que en las poblaciones heterogéneas existen fuerzas homeostáticas de muy diferente naturaleza: opera la llamada presión estabilizante por VAN DER PLANK (1968), que es una presión selectiva en contra de razas complejas cuando atacan genotipos simples, pero existen además otras fuerzas homeostáticas que se originan dentro de la gran complejidad de mecanismos que gobiernan la dinámica de los patógenos en las poblaciones heterogéneas.

Es probable que en los materiales que se están suministrando aparezca una proporción muy baja de plantas del grupo E, susceptibles a la raza II presente en Colombia. Estas plantas no constituyen un problema de importancia. En primer lugar, las plantas susceptibles estarán diseminadas al azar en las plantaciones y rodeadas de plantas resistentes, sin que sea necesario un control químico generalizado. En segundo lugar, el plan de suministro de semillas, explicado más adelante, hace innecesario que el agricultor recolecte semillas en su propio campo, disminuyendo así el riesgo de aumentar la proporción de plantas susceptibles.

Además de la resistencia a la roya, en los materiales desarrollados en Colombia se ha detectado resistencia al C.B.D. y es probable que también exista para otras enfermedades. Esta circunstancia constituye una gran ventaja, pues facilita la recombinación de genes de resistencia a varias enfermedades, con los genes responsables por el buen comportamiento agronómico.

VIII - CALIDAD DE LA BEBIDA

Introducción

La calidad de la bebida se refiere a una categoría que comprende los atributos que son percibidos por el consumidor. Los factores que influyen sobre la calidad de la bebida son: el tipo de cultivo, las prácticas agrícolas, el clima de la zona, el tipo de suelo, el procesamiento, los métodos de almacenamiento, preparación de la bebida y gusto del consumidor. Todos estos factores influyen formando un concepto en el cual existe un determinante más importante. Revisiones bibliográficas sobre los factores que afectan la calidad han sido hechas por GILFORD (1981), GILLESLEY (1966), MENDONÇA (1966) y WELLS (1967).

En el mercado del café, la calidad del grano se define por medio de los atributos físicos (tamaño, forma, color, uniformidad, etc.) y químicos (contenido de azúcares de la bebida, del cuerpo y aroma, principalmente).

Indicadores de la calidad de la bebida de café se refieren a la bebida, se conocen que las variedades de C. arabica y C. robusta, que se cultivan en el mundo, producen bebidas de distinto tipo. En el mundo se distinguen en tres tipos: "suave", con buen aroma y sabor y cuerpo medio, como en las semillas de "arabica", con ácido y aroma fuertes, pero con buen cuerpo.

Los materiales de C x H de T producidos en Colombia y que sobresalen en cuanto a su fortalecimiento genético y resistencia a la roya, se han evaluado varias veces en las zonas de estación del país y del exterior. En este capítulo se estudian los atributos físicos y químicos relacionados con la calidad de la bebida en los materiales mencionados.

CALIDAD DE LA BEBIDA

VIII.

VIII - CALIDAD DE LA BEBIDA

Introducción.

La calidad de la bebida en café es una característica compleja que depende de una serie de factores relacionados con la especie o variedad, condiciones ambientales del cultivo, prácticas agronómicas, tipo de beneficio a que es sometido el producto, condiciones de almacenamiento, preparación de la bebida y gusto del consumidor. Todos estos factores interactúan formando un conjunto en el cual es difícil determinar el componente más importante. Revisiones bibliográficas sobre los factores que afectan la calidad han sido hechas por CLIFFORD (1985), GIALLULY (1959), MENCHU (1966) y WALLIS (1967).

En el mercado del café, la calidad del grano se define por medio de caracteres físicos (tamaño, forma, color, uniformidad, etc.) y caracteres organolépticos de la bebida (acidez, cuerpo y aroma, principalmente).

Independientemente del proceso de beneficio y de la preparación de la bebida, se conoce que las variedades de *C. arabica* y de *C. canephora*, las dos especies más cultivadas en el mundo, producen bebidas de distinto tipo. En las primeras la bebida es considerada como "suave", con buen aroma y acidez y cuerpo mediano, mientras en las segundas es "amarga", con acidez y aroma menores, pero con buen cuerpo.

Los materiales de **C x H de T** producidos en Colombia y que sobresalen en cuanto a comportamiento agronómico y resistencia a la roya, se han evaluado varias veces empleando grupos de catación del país y del exterior. En este capítulo se analizan los aspectos destacables relacionados con la calidad de la bebida en los materiales mencionados

1. Calidad de la bebida en materiales de C x H de T desarrollados en Colombia.

Muestras de semillas F4 y F6 de **C x H de T** han sido evaluadas por grupos de catación de diferentes instituciones: la Fábrica de Café Liofilizado, en Chinchiná, Caldas; el Laboratorio de Calidades de la Federación Nacional de Cafeteros en Bogotá; y la Casa Hans Newman, en Alemania. Estos grupos examinaron varias características organolépticas: acidez, cuerpo, aroma y presencia de sabores y olores extraños. Sin embargo, los métodos empleados por los diferentes grupos no fueron los mismos, por lo cual los datos no siempre son analizables y comparables por procedimientos estadísticos. Los resultados que se describen a continuación ilustran algunos casos que se destacan por su consistencia, no obstante la variación en metodología.

En una prueba (Tabla VIII-1) se evalúan dos mezclas de semillas F4. En dos ensayos adicionales, cuyos resultados se muestran en las tablas VIII-2 y VIII-3, dos grupos diferentes de catadores examinaron varias progenies F6 de **C x H de T**. Por último, se presentan en la tabla VIII-4 los resultados obtenidos por la casa Hans Newman en Alemania, en ocho progenies F4 analizadas en dos ocasiones. En todos los casos se incluyen como testigos algunas variedades de *C. arabica* y muestras de *C. canephora*.

Se nota en primer lugar que en todas las evaluaciones, algunas progenies de **C x H de T** tienen calificaciones altas similares a las de las mejores variedades de *C. arabica*. Los primeros lugares son ocupados indistintamente por estas variedades o por algunas de las progenies mencionadas.

TABLA VIII-1. CALIFICACION MEDIA DE CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS DE LA BEBIDA DE CAFE DE OCHO GENOTIPOS EVALUADOS POR EL GRUPO DE CATACION DE LA FABRICA DE CAFE LIOFILIZADO, EN CHINCHINA.

Genotipo	Característica 1/				Sabores y olores extraños 2/
	Acidez	Cuerpo	Aroma	Aceptación	
Caturra rojo	3,33 a*	4,62 a	4,68 a	2,19 a	
Catuai rojo	2,95 b	4,36 b	4,45 ab	2,84 b	
F4 C x H de T (fruto rojo)	2,86 b	4,38 b	4,41 b	2,92 bc	Cereal (+)
Caturra amarillo	2,81 b	4,28 b	4,38 b	3,33 bc	
Catuai amarillo	2,78 b	4,26 b	4,36 b	3,36 c	
F4 C x H de T (fruto amarillo)	2,74 b	4,36 b	4,33 b	3,20 bc	
Típica rojo	2,73 b	4,36 b	4,38 b	3,20 bc	Cereal (++)
<i>C. canephora</i>	2,16 c	4,17 b	4,00 c	5,00 c	Cereal (++++)

1/ Acidez, cuerpo y aroma: escala de intensidad ascendente de 1 a 5.

Aceptación: escala de 1 a 9 en la cual: 1 a 3 es buena; 4 a 6 es regular; 7 a 9 es mala.

2/ + = ligero; ++ = poco; +++ = intenso.

*: Los promedios marcados con la misma letra son estadísticamente iguales ($P = 99\%$), según la prueba de Duncan.

TABLA VIII-2. CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS DE PROGENIES F6 DE C x H DE T Y VARIETADES TESTIGO, EVALUADAS POR EL GRUPO DE CATAACION DE FEDERACAFE EN BOGOTA.

Genotipo	Acidez	Cuerpo	Aroma	Calificación integral 1/	Olores y sabores extraños
F6 No. 219	Buena	Regular	Regular	8,0 a	
F6 No. 206	Regular a buena	Regular	Regular	8,0 a	
Caturra	Regular a buena	Regular	Regular	7,8 ab	
F6 No. 170	Buena	Regular	Regular	7,0 bc	
F6 No. 203	Regular a buena	Regular	Regular	6,6 cd	Inmaduro (+)
F6 No. 321	Regular a buena	Regular	Regular	6,6 cd	
F6 No. 240	Baja a regular	Regular	Regular	6,4 cde	Inmaduro (+)
Típica	Regular a baja	Regular	Regular	6,4 cde	
F6 No. 192	Baja	Regular	Regular	6,0 de	
F6 No. 241	Baja a regular	Regular	Regular	5,2 f	Inmaduro (+)
F6 No. 404	Baja	Regular	Regular	5,0 f	
F6 No. 168	Baja a regular	Regular	Regular	4,6 g	Inmaduro (++)
F6 No. 41	Los sabores y olores extraños interfieren con la calificación de acidez, cuerpo y aroma.				Sucio (++)
F6 No. 293	La misma observación				Astringente (++)
Típica	La misma observación				Fermentado (++)
Canephora	La misma observación				Cereal (++)

1/ Escala de 10 puntos, en la cual 10 es la mejor calidad y 1 es la peor. Los promedios marcados con la misma letra, son estadísticamente iguales ($P = 95\%$), según la prueba de Duncan.

+ = Ligero; ++ = Poco; +++ = Intenso.

Por otra parte, ocasionalmente algunas variedades de *C. arabica* reciben bajas calificaciones, al igual que ciertas progenies de **C x H de T**. En estos casos las calificaciones bajas están asociadas a la presencia de olores extraños que no pueden atribuirse a la naturaleza de los materiales, sino que se originan en el procesamiento de las muestras. Este es el caso de los olores y sabores inmaduro, astringente, sucio y fermentado. El primero es característico de cafés recién recolectados o de muestras que contienen granos verdes o inmaduros. Los sabores astringente y fermentado, indicativos de acidez indeseable, se deben a sobremaduración de las muestras (DAGET, 1980). El sabor a sucio o terroso proviene de defectos en la torrefacción (REYMOND, 1983).

En segundo lugar, la bebida procedente de las muestras de *C. canephora* se consideró reiteradamente como diferente e inferior a la producida por las variedades de *C. arabica* y por las progenies de **C x H de T**. Los factores que determinan el tipo de bebida de *C. canephora* son la acidez relativamente baja y especialmente el gusto a "cereal" (olor y sabor) que se detecta en todas las determinaciones hechas sobre esta especie. En contraste, el gusto a cereal está ausente en los demás materiales, salvo pocos casos en que se percibió con baja intensidad. La constante presencia del intenso sabor u olor a "cereal" en las

muestras de *C. canephora* es un hecho de interés, que podría aprovecharse para explorar su eficiencia como marcador de la influencia de esta especie en la descendencia de cruza- mientos con *C. arabica*.

Por último, se observa una asociación positiva entre las características organolépticas uti- lizadas para calificar los materiales (Tabla VIII-5) y entre estas características y la acepta- ción general, que reúne las calificaciones parciales.

Este hecho señala que un defecto en alguna de las características organolépticas puede interferir en la calificación de las demás, pero a la vez indica que una calificación general como la aceptación es suficiente para caracterizar eficientemente los diferentes materia- les.

TABLA VIII-3. CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS DE PROGENIES F6 DE C. x H. DE T., Y VARIETADES TESTIGO EVALUADAS POR EL GRUPO DE CATAACION DE LA FABRICA DE CAFE LIOFILIZADO EN CHINCHINA.

Genotipo	Característica 1/				Intensidad de sabores y olores extraños 2/
	Acidez	Cuerpo	Aroma	Aceptación	
Caturra	7,8	8,5	8,5	1,73	Inmaduro (3,0)
F6 No. 321	7,4	8,4	8,4	2,06	
F6 No. 170	7,0	8,5	8,7	2,73	
F6 No. 203	6,0	8,1	8,4	2,80	
F6 No. 206	6,8	8,5	8,4	3,07	
F6 No. 293	6,8	8,3	8,4	3,27	
Típica (muestra A)	6,5	8,3	8,4	3,33	Inmaduro (2,5); dulce (2,0)
F6 No. 240	5,8	8,2	8,2	3,47	
F6 No. 219	5,2	8,1	8,2	4,13	
F6 No. 404	4,6	7,5	8,0	4,20	
F6 No. 192	5,2	7,8	8,1	4,27	Inmaduro (2,7)
F6 No. 241	6,6	7,8	7,9	4,27	
F6 No. 41	6,0	8,4	8,3	4,27	
F6 No. 168	4,8	8,0	8,0	4,40	
Típica (muestra B)	4,8	7,8	7,9	4,60	Inmaduro (2,8); dulce (2,0)
Canephora	2,7	6,6	6,7	4,8	Cereal (8,0)

1/ Acidez, cuerpo y aroma = Escala de intensidad ascendente de 1 a 10.

Aceptación: Escala de 1 a 9, en la cual 1 a 3 = Buena; 4 a 6 = Regular; 7 a 9 = Mala.

2/ Intensidad de sabores y olores extraños: Escala ascendente de 1 a 10.

TABLA VIII-4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GRANO Y CALIDAD DE LA BEBIDA EN VARIETADES COMERCIALES Y PROGENIES F4 DE C. x H. DE T. SOBRESALIENTES, EN DOS PRUEBAS EFECTUADAS POR EL GRUPO DE CALIFICACION DE LA CASA HANS NEWMAN (ALEMANIA).

Genotipo	Aspecto del grano		Calidad en taza
	Verde	Trastado	
Prueba en 1980:			
Típica rojo (testigo)	Plano	Bueno a muy bueno	Acidez mediana; cuerpo mediano a completo
Borbón rojo (testigo)	Borbón plano	"	Acidez buena a alta; cuerpo completo
(C. x H. de T.) No. 41	Borbón	"	Acidez buena a alta; cuerpo mediano a completo
(C. x H. de T.) No. 206	Borbón	"	Acidez buena; cuerpo completo
(C. x H. de T.) No. 240	Plano-Borbón	"	Acidez buena a alta; cuerpo mediano a completo
(C. x H. de T.) No. 404	Borbón	"	Acidez buena a mediana; cuerpo mediano a bueno
Prueba en 1982:			
Tipo excelso (testigo No. 1)	Arábica	Bueno a muy bueno	Acidez intermedia; sabor bueno a completo
Tipo excelso (testigo No. 2)	Arábica	"	Acidez buena a alta; buen cuerpo
(C. x H. de T.) No. 28	Plano	"	Acidez intermedia a buena; cuerpo completo
(C. x H. de T.) No. 168	Plano	"	Acidez intermedia a buena; cuerpo completo
(C. x H. de T.) No. 222	Borbón	"	Acidez intermedia; cuerpo completo
(C. x H. de T.) No. 293	Plano	"	Acidez completa; cuerpo completo
(C. x H. de T.) No. 404	Borbón	"	Acidez intermedia; cuerpo completo

TABLA VIII-5. CORRELACION ENTRE VARIABLES QUE MIDEN LA CALIDAD DE LA BEBIDA EN DOS GRUPOS DE MATERIALES.

Características 1/	Coeficiente de correlación	
	2/	3/
Aceptación vs. Acidez	-0,89**	-0,85**
Aceptación vs. Cuerpo	-0,60**	-0,76**
Aceptación vs. Aroma	-0,84**	-0,91**
Acidez vs. Cuerpo	0,49*	0,84**
Acidez vs. Aroma	0,75**	0,84**
Cuerpo vs. Aroma	0,76**	0,91**

1/ La escala de valores de la aceptación es descendente; en las demás características la valoración es ascendente.

2/ Prueba en dos mezclas con progenies F4 de C. x H. de T. y seis variedades testigo.

3/ Prueba en 12 progenies F6 de C. x H. de T. y cuatro variedades testigo.

*, **: Estadísticamente significativo para P = 95% y P = 99%, respectivamente.

2. Conclusiones.

De las consideraciones anteriores se concluye que no existen diferencias evidentes entre la calidad de la bebida producida por las progenies derivadas de los cruzamientos de **C x H de T** y las variedades de la especie *C. arabica*, que tradicionalmente han producido bebida de buena calidad. En la mayoría de los casos, estas dos clases de materiales forman grupos estadísticamente homogéneos en los cuales las diferencias en acidez, cuerpo y aroma son indistinguibles.

Resultados similares fueron obtenidos en trabajos realizados en Brasil (TEIXEIRA y ARAUJO, 1976), India (VISHVESHVARA, 1971) y Kenia (VOSSEN y WALYARO, 1981), en donde se ha comprobado que los derivados de cruzamientos de variedades regionales de cada país con el **H de T** producen descendencia con calidad de la bebida comparable a la de esas variedades. Los resultados de Kenia, analizados recientemente por VOSSEN (1985), tienen especial interés, ya que los materiales básicos de **C x H de T** utilizados en ese país fueron producidos en Colombia y cedidos a Kenia como parte de un programa cooperativo para la búsqueda de germoplasma con resistencia a la roya y a la enfermedad del fruto causado por *Colletotrichum coffeanum*.

IX. ALGUNOS COMPUESTOS QUIMICOS PRESENTES EN LAS SEMILLAS DE MATERIALES DERIVADOS DE CRUZAMIENTOS DE CATURRA X HIBRIDO DE TIMOR

Introducción

Entre los muchos compuestos químicos que en las últimas décadas se han desarrollado en el campo de la química orgánica (CLIFFORD, 1955), algunos han recibido atención especial en el proceso de investigación científica. Uno de ellos es la cafeína (1, 3, 5-trimetil xantina) responsable del efecto estimulante de esta bebida. En los últimos años se han desarrollado nuevos materiales derivados de cruzamientos de Caturra por Hibrido de Timor (IFOLSTAR, 1976).

ALGUNOS COMPUESTOS QUIMICOS PRESENTES EN LAS SEMILLAS DE MATERIALES DERIVADOS DE CRUZAMIENTOS DE CATURRA POR HIBRIDO DE TIMOR

IX.

Entre los compuestos importantes son los alcaloides (cafeína y teína), que poseen un efecto estimulante en el sistema nervioso central, y que son importantes en la industria y la alimentación. De interés especial son también los aceites resultantes de la torrefacción, que conservan sus aceites y sirven como aromatizante de las bebidas (IFOLSTAR, 1976).

Los aceites solubles en agua (hidratos de carbono y proteínas) constituyen una parte importante en el proceso de elaboración de café soluble. En el proceso de solubilización se prefieren los aceites de mayor rendimiento, que se produce en consecuencia de un tipo primo (CLIFFORD, 1955).

Descripción del material	Categoría de controlación
Amplificación de clones	1
Amplificación de clones	2
Amplificación de clones	3
Amplificación de clones	4
Amplificación de clones	5
Amplificación de clones	6

La tabla de valores de la asociación genética muestra en su forma resumida que la estructura de las poblaciones es compleja.

Los datos de la tabla de la asociación genética muestran que la estructura de las poblaciones es compleja y que la estructura de las poblaciones es compleja.

2. Conclusiones

De los resultados obtenidos se puede concluir que la estructura de las poblaciones es compleja y que la estructura de las poblaciones es compleja.

ALGUNOS COMPUESTOS QUÍMICOS PRESENTES

EN LAS SEMILLAS DE MAÍZ
 DERIVADOS DE CRUZAMIENTOS DE

CATURRA POR HÍBRIDO DE TÍMOR

Los resultados de los análisis químicos realizados en las semillas de maíz derivadas de los cruces de Caturra por híbrido de Timor muestran la presencia de ciertos compuestos químicos que son característicos de estas variedades.

Los resultados de los análisis químicos realizados en las semillas de maíz derivadas de los cruces de Caturra por híbrido de Timor muestran la presencia de ciertos compuestos químicos que son característicos de estas variedades.

IX - ALGUNOS COMPUESTOS QUIMICOS PRESENTES EN LAS SEMILLAS DE MATERIALES DERIVADOS DE CRUZAMIENTOS DE CATURRA X HIBRIDO DE TIMOR

Introducción.

Entre los muchos compuestos químicos que en las últimas décadas se han determinado en el grano de café (CLIFFORD, 1985), algunos han recibido atención especial en el proceso de mejoramiento genético. Uno de ellos es la cafeína (1, 3, 5 trimetil xantina), responsable de los efectos estimulantes del café, que constituyen el principal atractivo de esta bebida. En los últimos años, sin embargo, han surgido mercados que prefieren contenidos bajos o ausencia total de cafeína en la infusión. Esta ha sido la razón principal para explorar el germoplasma de café en busca de selecciones acordes con las nuevas exigencias del mercado.

Otros compuestos importantes son los lípidos (aceites y grasas), que pueden extraerse tanto del grano como de los residuos de la preparación de la bebida, y que tienen uso en la industria y la alimentación. De interés especial son también los aceites resultantes de la torrefacción, que conservan sus olores y sirven como aromatizante de los cafés solubles (FOLSTAR, 1976).

Los sólidos solubles en agua (hidratos de carbono y proteínas) constituyen otros compuestos valiosos para la creciente industria de café soluble. En el proceso de solubilización son preferibles los cafés de mayor rendimiento, que se traduce en economía de materia prima (CLIFFORD, 1985).

1. Variación observada en las especies *C. arabica* y *C. canephora*.

En la bibliografía es común encontrar valores muy diversos para los contenidos de cafeína, grasas y sólidos solubles. La variación depende en parte de la especie o variedad y, en buena proporción, del método empleado en su análisis. En la tabla IX-1 se presentan los valores extremos de los compuestos mencionados en materiales de las especies *C. arabica* y *C. canephora*, obtenidos por conocidos investigadores (CLIFFORD, 1985; CHARRIE y BERTHAUD, 1975; FERREIRA y otros, 1975; CARVALHO, SONDAHL y SLOMAN, 1983; FOLSTAR, 1976; CASTILLO y PARRA, 1973).

Aunque los datos registrados por estos autores no son estrictamente comparables cuando las metodologías de extracción son diferentes, los valores medios permiten hacer las siguientes generalizaciones: a) El porcentaje promedio de cafeína en *C. arabica* es aproximadamente la mitad del encontrado en *C. canephora*. b) La cantidad de lípidos extraídos en *C. arabica* es superior a la extraída en *C. canephora*. c) Las proporciones de sólidos solubles en café verde en *C. arabica* y en *C. canephora*, son aproximadamente iguales.

2. Cafeína, lípidos y sólidos solubles en germoplasma de C x H de T desarrollado en Colombia.

La información que se discute a continuación corresponde a una exploración efectuada en 66 progenies de la generación más avanzada, (F5), de los cruzamientos de **C x H de T** efectuados en Colombia, comparadas con dos variedades comerciales de *C. arabica* y una introducción de *C. canephora*. En la tabla IX-2 y en la figura IX-1 se muestran los contenidos medios y la variación en cada compuesto.

2.1 Cafeína: Los análisis fueron efectuados en el Laboratorio de Investigaciones Químicas del Café, en Bogotá, en pequeñas muestras de café tostado y molido. Los detalles del procedimiento se presentan en el capítulo dedicado a materiales y métodos.

Las progenies F5 de **C x H de T** tuvieron un porcentaje promedio de 1,12^o/o con intervalo de 0,89^o/o y 1,30^o/o. Estos valores coinciden con los obtenidos en el Brasil sobre materiales del mismo origen (CARVALHO, SONDAHL y SLOMAN, 1983).

Los promedios de las variedades Caturra (1,02^o/o) y Típica (1,01^o/o) corresponden a los valores comunmente descritos para la especie *C. arabica*. La muestra de *C. canephora* tuvo un contenido de cafeína de 1,6^o/o, alto con relación a los otros materiales estudiados, pero poco notable si se compara con los porcentajes obtenidos en esta especie por varios investigadores.

El aspecto más notable es que los contenidos de cafeína de las progenies F5 de **C x H de T**, disponibles en Colombia, están dentro del intervalo de valores típicos registrados en la espe-

TABLA IX-1. PORCENTAJES EXTREMOS DE LOS CONTENIDOS DE CAFEINA, LÍPIDOS Y SÓLIDOS SOLUBLES EN MATERIALES DE *C. arabica* Y *C. canephora* E HÍBRIDOS ENTRE ESTAS DOS ESPECIES, CITADOS EN DIFERENTES REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Compuesto	<i>C. arabica</i> x <i>C. canephora</i>					
	<i>C. arabica</i>	<i>C. canephora</i>	Híbrido de Timor	Arabusta	Icatú	Catimor
Cafeína (Ref. bibliográfica)	0,58 - 2,2 (1) (2)	1,16 - 3,27 (2) (2)	0,80 - 1,38 (3) (3)	1,47 - 1,83 (1) (1)	1,11 - 1,45 (4) (4)	0,89 - 1,34 (4) (4)
Lípidos (Ref. bibliográfica)	10,67 - 18,6 (5) (1)	7,9 - 13,0 (1) (5)	8,7 - 14,7 (6) (3)	10,4 - 12,8 (1) (1)	—	—
Sólidos solubles en café verde (Ref. bibliográficas)	32,56 - 33,40 (6) (6)	30,45 - 32,52 (3) (6)	30,20 - 33,12 (6) (3)	—	—	—

Referencias bibliográficas: (1) Clifford, 1985

(2) Charrier y Berthaud, 1975

(3) Ferreira y otros, 1975

(4) Carvalho y otros, 1983

(5) Folstar, 1976

(6) Castillo y Parra, 1973

TABLA IX-2. CONTENIDOS MEDIOS Y VARIACION DE CAFEINA, LIPIDOS Y SOLIDOS SOLUBLES EN 66 PROGENIES F5 DE C X H DE T, EN VARIETADES TESTIGOS.

	Cafeína			Lípidos			Sólidos solubles		
	N	Promedio	Intervalo	N	Promedio	Intervalo	N	Promedio	Intervalo
Progenies F5									
Contenido superior	—	—	—	1	12,10	—	13	31,10	31,8 - 30,7
Contenido medio	—	—	—	49	10,65	11,9 - 9,9	53	29,80	30,6 - 28,7
Contenido inferior	—	—	—	16	9,34	9,8 - 8,5	—	—	—
Promedio general	66	1,12	0,89 - 1,30	66	10,35	12,1 - 8,5	66	30,10	31,8 - 28,7
Testigos									
Caturra	—	1,02	—	—	10,8	—	—	29,1	—
Típica	—	1,01	—	—	10,9	—	—	28,6	—
Canephora	—	1,61	—	—	6,9	—	—	28,4	—
						V a r i a c i ó n			
C.M. genotipos (68 g.l.)		0,219	N.S.		2,144**			0,538**	
C.M. error (136 g.l.)		0,187			0,208			0,325	
D.M.S. 1/		N.S.			0,97			1,22	

** Valor de "F" significativo para $P = 99\%$.

1/ Datos transformados a arc. sen $\sqrt{\sigma/\sigma_0}$.

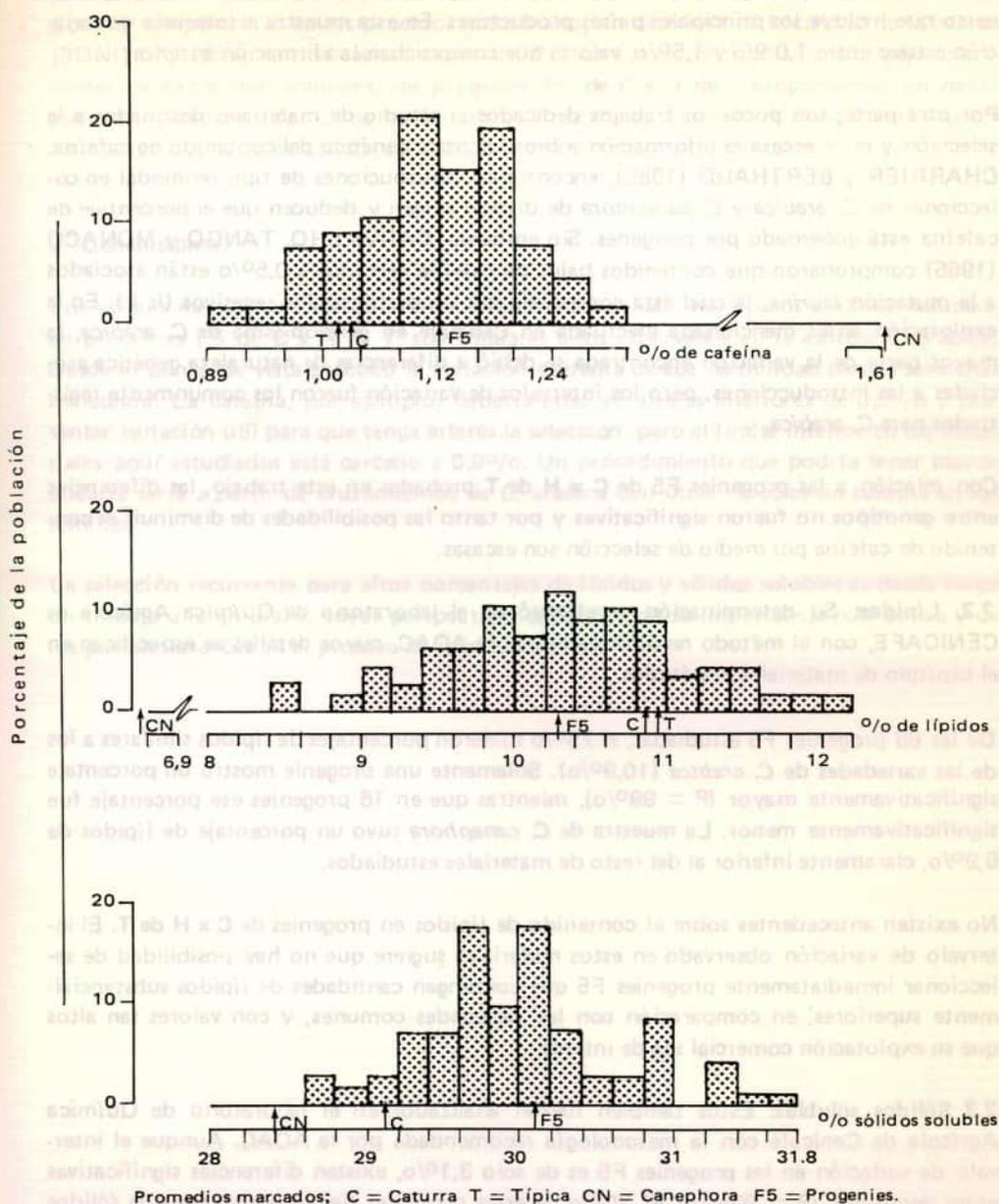


FIGURA IX-1. Distribución del contenido de cafeína, lípidos y sólidos solubles en una población compuesta por 66 progenies F5 de C x H de T, en comparación con las variedades Caturra, Típica y una muestra de *C. canephora*.

cie *C. arabica*. Entre las exploraciones efectuadas en esta especie, la realizada en Cenicafé (CASTILLO y PARRA, 1973) comprende una amplia muestra de materiales de origen diverso que incluye los principales países productores. En esta muestra el intervalo de variación estuvo entre 1,0 0/0 y 1,50/0, valores que comprueban la afirmación anterior.

Por otra parte, son pocos los trabajos dedicados al estudio de materiales destinados a la selección y muy escasa la información sobre el control genético del contenido de cafeína. CHARRIER y BERTHAUD (1985), encontraron distribuciones de tipo unimodal en colecciones de *C. arabica* y *C. canephora* de diverso origen y deducen que el porcentaje de cafeína está gobernado por poligenes. Sin embargo, CARVALHO, TANGO y MONACO (1965) comprobaron que contenidos bajos de cafeína cercanos a 0,50/0 están asociados a la mutación *laurina*, la cual está controlada por un par de alelos recesivos (*lr lr*). En la exploración antes mencionada efectuada en Cenicafé en germoplasma de *C. arabica*, la mayor parte de la variación encontrada se debió a diferencias de naturaleza genética asociadas a las introducciones, pero los intervalos de variación fueron los comunmente registrados para *C. arabica*.

Con relación a las progenies F5 de **C x H de T** probadas en este trabajo, las diferencias entre genotipos no fueron significativas y por tanto las posibilidades de disminuir el contenido de cafeína por medio de selección son escasas.

2.2. Lípidos: Su determinación se efectuó en el laboratorio de Química Agrícola de CENICAFE, con el método recomendado por la AOAC, cuyos detalles se especifican en el capítulo de materiales y métodos.

De las 66 progenies F5 estudiadas, el 750/0 tuvieron porcentajes de lípidos similares a los de las variedades de *C. arabica* (10,90/0). Solamente una progenie mostró un porcentaje significativamente mayor ($P = 990/0$), mientras que en 16 progenies ese porcentaje fue significativamente menor. La muestra de *C. canephora* tuvo un porcentaje de lípidos de 6,90/0, claramente inferior al del resto de materiales estudiados.

No existen antecedentes sobre el contenido de lípidos en progenies de **C x H de T**. El intervalo de variación observado en estos materiales sugiere que no hay posibilidad de seleccionar inmediatamente progenies F5 que contengan cantidades de lípidos substancialmente superiores, en comparación con las variedades comunes, y con valores tan altos que su explotación comercial sea de interés.

2.3 Sólidos solubles: Estos también fueron analizados en el laboratorio de Química Agrícola de Cenicafé con la metodología recomendada por la AOAC. Aunque el intervalo de variación en las progenies F5 es de solo 3,10/0, existen diferencias significativas entre genotipos ($P = 990/0$). El 200/0 de estas progenies tienen porcentajes de sólidos solubles superiores a los de las variedades *C. arabica* (Típica: 28,60/0 y Caturra 29,10/0). Por su parte, la media en *C. canephora* tiene un porcentaje de 28,40/0 similar al de estas variedades.

Las especies *C. canephora* y *C. arabica* tienen contenidos similares de sólidos solubles, pero la primera posee un rendimiento de extracción mayor porque soporta mayores presiones y temperaturas en los procesos industriales, sin deterioro de la calidad de la bebida (BONILLA, 1985, comunicación personal). Por otra parte, es probable que bajo condiciones de extracción similares, las progenies F5 de **C x H de T** proporcionen un rendimiento igual o superior al de las variedades *C. arabica*, pues con relación a esta especie sus contenidos netos de sólidos solubles también son iguales o superiores.

3. Conclusiones.

Los valores medios y la variación en los contenidos de cafeína, lípidos y sólidos solubles, en progenies F5 de **C x H de T**, son similares a los observados en la especie *C. arabica*. Desde el punto de vista práctico la variación extrema carece de utilidad para la selección inmediata. La cafeína, por ejemplo, debería estar en niveles inferiores de 0,50/o y presentar variación útil para que tenga interés la selección, pero el límite inferior en los materiales aquí estudiados está cercano a 0,90/o. Un procedimiento que podría tener mayor eficacia sería a partir de cruzamientos de *C. arabica* con otras especies sin cafeína en sus semillas.

La selección recurrente para altos porcentajes de lípidos y sólidos solubles es desde luego un trabajo a largo plazo, cuyas perspectivas dependen de su importancia económica y de los posibles avances en el proceso de la industria.

LA VARIEDAD COLOMBIA:
SELECCIÓN Y PROPAGACIÓN
DE SUS COMPONENTES

LA VARIEDAD COLOMBIA: SELECCIÓN Y PROPAGACIÓN DE SUS COMPONENTES

Introducción

La Variedad Colombia es un cultivo de tipo compuesto formado al mezclar las semillas provenientes de las mejores progenies resultantes del proceso de selección.

Para obtener el tipo, utilizamos un sistema de selección dinámica que permite mantener una composición dinámica e incorporar nuevos materiales genéticos que surjan en el proceso de selección y retirar los componentes que muestran los desventajas. Este sistema también permite hacer los ajustes necesarios para contrarrestar los posibles cambios en el predominio de los rasgos de la mezcla.

1. Proceso de selección de los componentes

Se han obtenido un número de plantas de tipo Colombia que se seleccionaron para la obtención de la variedad Colombia.

LA VARIEDAD COLOMBIA: SELECCION Y PROPAGACION DE SUS COMPONENTES

Para desarrollar estos tipos, se utilizó un sistema de selección dinámica que permite mantener una composición dinámica e incorporar nuevos materiales genéticos que surjan en el proceso de selección y retirar los componentes que muestran los desventajas. Este sistema también permite hacer los ajustes necesarios para contrarrestar los posibles cambios en el predominio de los rasgos de la mezcla.

En cuanto a la resistencia a la roya, la mezcla de diferentes progenies tiene por objeto asegurar la presencia del mayor número posible de variedades de los genes de resistencia por el H de T. El cultivo también produce un mayor tipo de resistencia a la roya, la resistencia de tipo H de T. Este tipo de resistencia a la roya es probablemente más controlada poligénicamente.

X.

LA VARIEDAD COLOMBIA
SELECCION Y PREPARACION
DE SUS COMPONENTES

X

X - LA VARIEDAD COLOMBIA: SELECCION Y PROPAGACION DE SUS COMPONENTES

Introducción.

La Variedad Colombia es un cultivar de tipo compuesto formado al mezclar las semillas provenientes de las mejores progenies resultantes del proceso de selección.

Para desarrollar este cultivar se tomó como modelo básico el principio de las multilíneas, que permite mantener una composición dinámica al incorporar nuevos materiales sobresalientes que surjan en el proceso de selección y retirar los componentes que resulten indeseables. Este sistema también permite hacer los ajustes necesarios para contrarrestar los posibles cambios en la predominancia de las razas de la roya.

1. Proceso de selección de los componentes.

Se han tenido en cuenta dos aspectos principales: mantener una amplia variación genética con respecto a la resistencia a la roya y escoger materiales agrónomicamente compatibles en una mezcla con suficiente homogeneidad fenotípica.

Para conseguir estos objetivos no se ha empleado el sistema de retrocruzamientos, como en las multilíneas ortodoxas. Se ha partido de cruzamientos con varios árboles del **H de T** que producen una descendencia muy heterogénea dentro de la cual se han escogido los materiales sobresalientes. En estas progenies se admite una variación fenotípica razonable.

En cuanto a la resistencia a la roya, la mezcla de numerosas progenies tiene por objeto asegurar la presencia del mayor número posible de recombinaciones de los genes aportados por el **H de T**. El sistema también procura aumentar la probabilidad de mantener en la mezcla la resistencia parcial que se ha observado en materiales derivados del **H de T** y que probablemente esté controlada poligénicamente.

2. Requisitos para la selección de los componentes.

Para la identificación de las progenies con posibilidad de constituirse en componente de la **Variedad Colombia** fueron acordados previamente los siguientes requisitos:

- Presencia de una o diversas combinaciones genotípicas de resistencia a la roya, con reducción a niveles insignificantes del grupo fisiológico E, susceptible a la raza actualmente predominante.
- Porte bajo de las plantas y fenotipo compatible en mezclas con homogeneidad agronómica aceptable.
- Niveles de producción y de adaptabilidad a la zona cafetera, por lo menos iguales a los correspondientes a la variedad Caturra.
- Características del grano y de la calidad en taza, similares a las de las variedades tradicionalmente cultivadas en el país.
- Incidencia de enfermedades diferentes a la roya, no mayor a la observada en variedades tradicionales.

Desde la tercera y cuarta generaciones se observaron algunas progenies sobresalientes por los requisitos mencionados y se procedió a escoger dentro de ellas los mejores árboles con la finalidad de propagar rápidamente su descendencia.

3. Propagación de los componentes.

El plan ideado (ver figura X-1) consiste en propagar, en parcelas separadas, las progenies preseleccionadas, y en efectuar simultáneamente su evaluación en ensayos instalados con este fin.

Las progenies señaladas en los ensayos como agronómicamente defectuosas por cualquier aspecto son eliminadas de las respectivas parcelas de propagación, permaneciendo en el programa solamente las de características sobresalientes, cuya semilla sirve para conformar las mezclas suministradas a los agricultores.

Doscientas sesenta y nueve progenies fueron preseleccionadas inicialmente y de éstas, 205 han sido eliminadas por diferentes causas, tal como se muestra en la tabla X-1.

Los actuales componentes de la **Variedad Colombia** son 44 progenies de la quinta generación, F5, que representan el 16,30/o de los materiales preseleccionados. Han sido sometidos a selección estricta y por tanto las características de la mezcla formada con ellos, son superiores (ver tabla X-2).

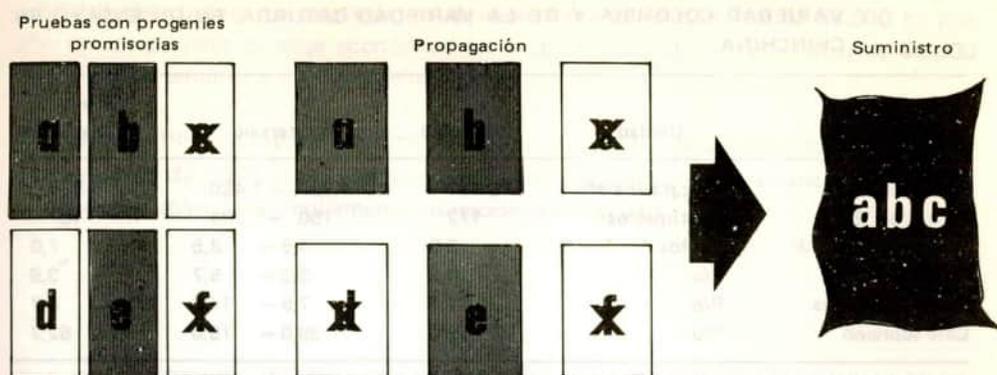


FIGURA X-1. Diagrama de la prueba agronómica y multiplicación de los componentes de la Variedad Colombia y suministro de semilla.

TABLA X-1. EVOLUCION EN LA ESCOGENCIA DE LAS PROGENIES DE C. x H. DE T., POSIBLES COMPONENTES DE LA VARIEDAD COLOMBIA.

	Progenies	
	No.	%
1. Progenies que han hecho parte del plan de propagación	269	100,0
2. Progenies actualmente vigentes	44	16,3
3. Progenies en observación	20	7,4
4. Progenies eliminadas	205	76,2
5. Causas de las eliminaciones:		
Fenotipo heterogéneo e indeseable	87	32,3
Alto porcentaje de semillas vacías	33	12,2
Segregación por susceptibilidad a la roya	26	9,6
Tamaño de grano pequeño	20	7,4
Segregación por porte alto	10	3,7
Presencia de aneuploides	7	2,6
Segregación por el color del fruto	5	1,8
Baja producción del progenitor	2	0,7
Susceptibilidad a "Mancha Mantecosa"	2	0,7
Varios defectos a la vez	13	4,8

TABLA X-2. PROMEDIO E INTERVALO DE VARIACION DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE 44 PROGENIES F5 DE C. x H. DE T., COMPONENTES ACTUALES DE LA VARIEDAD COLOMBIA Y DE LA VARIEDAD CATURRA, EN UN ENSAYO EN CHINCHINA.

Característica	Unidad	Promedio	Intervalo	Caturra rojo Promedio
Producción 1/	Kg c.p.s./ha/año	5.407	4.290 – 7.480	5.815
Altura/pl. 2/	Centímetros	172	150 – 194	167
Vigor vegetativo 3/	Puntos	6,9	4,6 – 8,5	7,0
Semillas vacías	o/o	4,3	2,3 – 5,7	3,6
Granos caracoles	o/o	11,3	7,9 – 14,8	8,7
Café supremo	o/o	52,0	39,0 – 75,0	62,7

1/ Correspondiente a dos cosechas de tamaño normal.

2/ Medida a los 29 meses de edad.

3/ Escala ascendente de 10 puntos.

4. Suministro de la semilla.

A partir de la aparición de la roya en Colombia en septiembre de 1983, se ha acelerado la demanda de semilla, por lo que se ha ampliado el área destinada a la propagación. El primer campo de multiplicación fue instalado en 1980 en la Hacienda Maracay, en el municipio de Quimbaya (Quindío) y recientemente se sembraron tres más, situados en los municipios de Venecia (Antioquia), Líbano (Tolima) y Sevilla (Valle), en terrenos de propiedad de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. El área total de estos campos es de 37 ha, de las cuales 10 están actualmente en producción.

La producción de la semilla está a cargo del Centro Nacional de Investigaciones de Café y su distribución se hace a través de los Comités Departamentales de Cafeteros. Hasta el momento se ha repartido a estos Comités más de 65,000 kg de semilla, en cantidades proporcionales a su aporte a la producción nacional (ver tabla X-3).

5. Conclusiones.

La conformación de la **Variedad Colombia** y el sistema adoptado para su propagación, responden a la necesidad de disponer en corto plazo de un cultivar con gran diversidad genética en su resistencia a la roya, para enfrentar las variaciones del patógeno *H. vastatrix*. El estudio de los materiales avanzados, simultáneamente con su propagación, ha hecho posible el suministro de semilla desde 1982, antes de la llegada de la roya al país.

Las posibilidades de cambiar los componentes permite que la **Variedad Colombia** permanezca actualizada con los mejores materiales disponibles cada momento.

En los últimos tres años se ha suministrado semilla suficiente para la siembra de 33.000 hectáreas. En la práctica, la renovación de cafetales depende primordialmente de la rentabilidad del cultivo. La tasa máxima de renovación en el país fue de 33.000 ha por año en un período de auge económico en la década del 70. El suministro de 60.000 kg anuales de semilla surtiría esta demanda.

En 1986 y 1987 se espera producir 30.000 y 40.000 kg de semilla, respectivamente, pero a partir de 1988 la producción aumentará rápidamente hasta alcanzar 160.000 kg por año, que abastecerá ampliamente las necesidades del país.

TABLA X-3. DISTRIBUCION DE SEMILLAS DE CAFE* DE LA VARIEDAD COLOMBIA POR INTERMEDIO DE LOS COMITES DEPARTAMENTALES DE CAFETEROS.

Comité	A ñ o				Total
	1982	1983	1984	1985	
Antioquia	360	160	3.250	5.547	9.317
Boyacá	30	160	125	350	665
Caldas	280	2.804	3.900	3.809	10.793
Cauca	100	1.160	750	1.187	3.197
Cesar	25	95	125	234	479
Cundinamarca	160	160	1.250	2.299	3.869
Guajira	25	95	125	125	370
Huila	170	160	1.000	1.538	2.868
Magdalena	40	140	125	250	555
Nariño	150	160	1.000	700	2.010
Norte de Santander	120	160	1.000	1.038	2.318
Quindío	150	660	3.900	2.722	7.432
Risaralda	200	662	3.900	2.305	7.067
Santander	100	165	1.000	1.492	2.757
Tolima	240	160	2.150	3.654	6.204
Valle	290	160	2.000	3.045	5.495
TOTAL	2.440	7.061	25.600	30.295	65.396

* Kilogramos de café pergamino seco.

XI. CONCLUSIONES GENERALES

Con la obtención de la Variedad Colomba se han logrado los objetivos propuestos para el mejoramiento genético de esta variedad.

1. La combinación, en un cultivo, de la diversidad genética característica de variedades de la variedad Caturra con la resistencia a enfermedades por el hongo de Tenebrionidae.
2. La incorporación de una variedad de maíz que posea una alta capacidad de adaptación estable y duradera contra las enfermedades por hongos, y que sea una fuente de resistencia contra otras enfermedades de cultivo de maíz.

La Variedad Colomba ha sido seleccionada en base a los caracteres de resistencia a la pudrición que el maíz permite cultivar en sus sistemas de producción, y que son de alta productividad, que han demostrado ser altamente adaptadas a las condiciones de cultivo de la zona. También poseen características químicas, nutricionales y físicas que son de alta calidad para el consumo humano y animal. Las características de adaptación a las condiciones de cultivo en la zona de estudio, y la alta productividad en los niveles de producción, son de alta calidad. La Variedad Colomba ha sido seleccionada en base a los caracteres de resistencia a la pudrición que el maíz permite cultivar en sus sistemas de producción, y que son de alta productividad, que han demostrado ser altamente adaptadas a las condiciones de cultivo de la zona. También poseen características químicas, nutricionales y físicas que son de alta calidad para el consumo humano y animal. Las características de adaptación a las condiciones de cultivo en la zona de estudio, y la alta productividad en los niveles de producción, son de alta calidad.

CONCLUSIONES GENERALES

XI.

La diversidad genética necesaria para el mejoramiento genético de la resistencia a la pudrición por la mezcla de numerosas progenies que poseen diversas características de adaptación. Al mismo tiempo, se ha logrado que el mejoramiento genético de la variedad Colomba se haya logrado cada mediante la selección de las características principales de la variedad Colomba, y que se hayan mantenido en las características principales.

CONCLUSIONES GENERALES

XI

XI - CONCLUSIONES GENERALES

Con la obtención de la **Variedad Colombia** se han logrado dos objetivos fundamentales para el mejoramiento del café en Colombia.

1. La combinación, en un cultivar, de la alta producción y otras características destacadas de la variedad Caturra con la resistencia a la roya aportada por el Híbrido de Timor.
2. La incorporación de una variación genética amplia, de la cual se espera que brinde protección estable y duradera contra la roya causada por *Hemileia vastatrix*, y que sea fuente de resistencia contra otras pestes potencialmente peligrosas.

La **Variedad Colombia** heredó del café Caturra la elevada productividad y el porte reducido, el cual permite utilizar en sus siembras altas densidades y prácticas culturales intensivas, que han incrementado espectacularmente los rendimientos en el país. También posee composición química, características físicas de grano y calidad de la bebida comparables a las que tienen las variedades tradicionales, lo cual asegura la calidad del producto en los niveles conocidos en el mercado internacional. Además, los materiales seleccionados como componentes de la **Variedad Colombia** se caracterizan por tener una amplia adaptación a la zona más productiva del país y una distribución de la cosecha durante el año, que sigue la misma tendencia observada dentro de cada localidad.

La diversidad genética necesaria para el correcto manejo de la resistencia se obtuvo por la mezcla de numerosas progenies que aportan diversos genotipos de resistencia. Al mismo tiempo, se ha logrado que esta mezcla tenga una notable uniformidad fenotípica, garantizada mediante la selección de materiales por su similitud con la variedad Caturra, especialmente en las características principales.

El método de selección y el elevado número de las progenies escogidas hace posible conservar en la **Variedad Colombia** la resistencia parcial a la roya, que podrá ser objeto de futuras selecciones, y mantener los genes de resistencia a otras enfermedades entre las cuales la de mayor interés es la enfermedad del fruto (CBD). El hecho de que los genes que controlan estas resistencias se encuentren en una variedad con cualidades agronómicas sobresalientes, es una base segura para futuros programas tendientes a enfrentar otros problemas patológicos potencialmente severos.

El carácter de cultivar compuesto permite que la **Variedad Colombia** mantenga una conformación dinámica. En los actuales componentes solo se han incluido los descendientes de los primeros cruzamientos efectuados y se mantienen en reserva nuevos cruzamientos con árboles del **H de T** y aún con fuentes de resistencia a la roya, de otro origen. Estos nuevos materiales podrán ser incorporados en la mezcla a medida que avance su evaluación agronómica y que se constate la necesidad de ajustar la composición de la variedad.

Con la **Variedad Colombia** se inicia una nueva etapa en la caficultura nacional marcada por la utilización de variedades mejoradas con resistencia a enfermedades. Entre las medidas de combate contra la roya, la **Variedad Colombia** constituye una excelente alternativa, pues si bien, el control químico de la enfermedad es técnicamente posible, las características de topografía y clima de la región cafetera limitan su eficiencia en muchos casos.

El ciclo de control de la enfermedad, compuesto por seis aspersiones en el año (VALENZUELA, 1985, a y b), tendría un costo aproximado de 15.321 millones de pesos (FEDERACAFE, 1985 b), considerando su aplicación solamente en la zona cafetera tecnificada (350:000 hectáreas). El ahorro de cifra tan elevada demuestra, por sí sola, la importancia de la obtención de la **Variedad Colombia** para la economía del país.

BIBLIOGRAFIA

ALLAN, R. E., VIGOR, G. & PETERSON, J. P. - *Genetics of the interaction of a resistant corn inbred (Covance) and sweet corn inbred (Covance)*. Crop Science 11: 190-191, 1961.

ALLARD, R. V. & SHADLOFF, W. R. - *Association of genes for resistance to infection by striped plant hoppers*. Crop Science 11: 141-142, 1961.

ALSTON, F. H. - *Dwarfing and related genes in maize inbred*. Euphytica 28: 609-614, 1974.

ANTONIO FERRI, H. - *Experimentos de seleção*. 1910. Companhia de Agricultura (Café) do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1910. 120 p.

ANTUNES FERRI, H. - *Sepintas "poca" e "coacha" no Café Alentejo Novo*. Relatório do Experimento de seleção do Serviço do Café (1910-1911). Rio de Janeiro, 1910. 10 p.

ANTUNES FERRI, H. & CARVALHO, A. - *Experimentos de seleção*. 1911. Companhia de Agricultura (Café) do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1911. 120 p.

ARAÚJO NETTO, F. & NETTO, F. - *Seleção de variedades de milho em condições de cultivo em campo*. Relatório do Serviço do Café (1910-1911). Rio de Janeiro, 1910. 10 p.

ARAÚJO NETTO, F. & NETTO, F. - *Seleção de variedades de milho em condições de cultivo em campo*. Relatório do Serviço do Café (1910-1911). Rio de Janeiro, 1910. 10 p.

BASSA, A. C. E. - *Seleção de variedades de milho em condições de cultivo em campo*. Relatório do Serviço do Café (1910-1911). Rio de Janeiro, 1910. 10 p.

BECKER, H. C. - *Correlations among some structural features of proanthocyanidin*. Euphytica 28: 629-640, 1971.

BECKER, H. C. - *Observations on coffee W. Kaye*. Ph. D. Thesis, Rio de Janeiro, 1971. Euphytica 28: 629-640, 1971.

BIBLIOGRAFIA

XII.

El sistema de selección y el elevado número de las propias selecciones hace posible conseguir en la Variedad Colombia la resistencia parcial a la roya, así podrá ser objeto de nuevas selecciones, y mantener los genes de resistencia a otras enfermedades entre las cuales la de mayor interés es la enfermedad del fruto (CRD). El hecho de que las genes que controlan estas resistencias se encuentran en una variedad con facultades semi-órgánicas (bivalientes, si se ve al gen *Rc* y *Rc* como controladas por el gen *r*) — frente a los problemas patológicos microorganismos sexuales.

El carácter de cultivo exigente de la Variedad Colombia se refleja en una alta exigencia dinámica. En las pruebas comparativas (1985) se han observado, especialmente, y de los primeros tratamientos a la roya y a la enfermedad del fruto (CRD) — coinciden con el tipo del H de T y sus con límites de resistencia a la roya de alto origen. Estos mismos materiales podrán ser incorporados en la selección a métodos que desde su evaluación agronómica y que se considere la necesidad de ajustar la compatibilidad de la variedad.

Con la Variedad Colombia se inicia una nueva etapa en la caficultura nacional marcada por la utilización de variedades mejoradas con resistencia a enfermedades. Entre las opciones de control contra la roya, la Variedad Colombia constituye una excelente alternativa, pues si bien, el control químico de la enfermedad es técnicamente posible, las características de topografía y clima de la región cafetera limitan su eficiencia en muchos casos.

El ciclo de control de la enfermedad, compuesto por sus operaciones en el año (VALENZUELA, 1985) a su vez, se estima en un costo aproximado de 7 a 35 millones de pesos (FEDERACAFE, 1985) por hectárea de zona cafetera (zona cafetera promedio 0,50 hectáreas). El ahorro de cifra tan elevada demuestra, por sí sola, la importancia de la obtención de la Variedad Colombia para la economía del país.

BOGOTÁ, D. C., 1985.

REVISTA

AGRICULTURA

DE COLOMBIA

VOL. 11, N.º 1

1985

PÁG. 113-115

ISSN 0014-1801

© 1985

AGRICULTURA

DE COLOMBIA

BOGOTÁ, D. C.

1985

PÁG. 113-115

ISSN 0014-1801

© 1985

AGRICULTURA

DE COLOMBIA

BOGOTÁ, D. C.

1985

PÁG. 113-115

ISSN 0014-1801

© 1985

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, J. (1985) Caracterización de la roya del café en Colombia. *Revista Agrícola de Colombia*, 11(1): 113-115.
- AGUIRRE, J. (1986) Caracterización de la roya del café en Colombia. *Revista Agrícola de Colombia*, 12(1): 113-115.
- AGUIRRE, J. (1987) Caracterización de la roya del café en Colombia. *Revista Agrícola de Colombia*, 13(1): 113-115.
- AGUIRRE, J. (1988) Caracterización de la roya del café en Colombia. *Revista Agrícola de Colombia*, 14(1): 113-115.
- AGUIRRE, J. (1989) Caracterización de la roya del café en Colombia. *Revista Agrícola de Colombia*, 15(1): 113-115.
- AGUIRRE, J. (1990) Caracterización de la roya del café en Colombia. *Revista Agrícola de Colombia*, 16(1): 113-115.
- AGUIRRE, J. (1991) Caracterización de la roya del café en Colombia. *Revista Agrícola de Colombia*, 17(1): 113-115.
- AGUIRRE, J. (1992) Caracterización de la roya del café en Colombia. *Revista Agrícola de Colombia*, 18(1): 113-115.
- AGUIRRE, J. (1993) Caracterización de la roya del café en Colombia. *Revista Agrícola de Colombia*, 19(1): 113-115.
- AGUIRRE, J. (1994) Caracterización de la roya del café en Colombia. *Revista Agrícola de Colombia*, 20(1): 113-115.

BIBLIOGRAFIA

- ALLAN, R. E.; VOGEL, O. A.; PETERSON Jr., C. J. Inheritance and differentiation of semidwarf culm length of wheat. *Crop Science* (EE. UU.) 8(4):701-704. 1968.
- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interaction in applied plant breeding. *Crop Science* (EE. UU.) 4(5):503-508. 1964.
- ALSTON, F. H. Dwarfing and lethal genes in apple progenies. *Euphytica* (Holanda) 25:505-514. 1976.
- ANTUNES Filho, H. Melhoramento do cafeeiro. XIV. Competicao de variedades comerciais em Monte Alegre do Sul. *Bragantia* (Brasil) 19(7):73-89. 1960.
- ANTUNES Filho, H. Sementes "moca" e "concha" no café Mundo Novo. *Boletim da Superintendencia dos Servicos do Café* (Brasil) 28(317):8-16. 1953.
- ANTUNES Filho, H.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro. VII Ocorrencia de lojas vazias em frutos de café "Mundo Novo". *Bragantia* (Brasil) 13(14):165-179. 1954.
- ARAUJO NETTO, K de A.; PEREIRA, J. B. D. Vigor híbrido em cruzamentos de *Coffea arabica*. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 8. Campos do Jordao (Brasil), Sep. 25 - Nov. 28 de 1980. Resumos. Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1980:14-16.
- ARAUJO NETTO, K. de A.; KAISER, A. A. P. G.; PEREIRA, J. B. D.; FERREIRA, A. J. Produtividade de progenies de catimor portadoras de resistencia ao nematoide *M. exigua* e ao fungo *H. vastatrix*. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 9. Sao Lourenco, M. G. (Brasil). 27 - 30 outubro de 1981. Resumos. Rio de Janeiro. IBC, 1981:112-114.
- BAEZA A., C. A. Metodología de trabajo en los materiales de cafeto para la determinación de su tipo de resistencia a la roya anaranjada. Chinchiná, Colombia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café. 1976. 43 p. (Mecanografiado).
- BECKER, H. C. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica* (Holanda) 30:835-840. 1981.
- BECKLEY, V. A. Observations on coffee in Kenya. Pt. I. Chlorosis and dieback in coffee. *Empire Journal in Experimental Agriculture* (Inglaterra) 3(11):203-209. 1935.

- BETTENCOURT, A. J. Características agronómicas de selecoes derivadas de cruzamentos entre Híbrido de Timor e as variedades Caturra, Villa Sarchi e Catuai. Simposio sobre Ferrugens do Cafeeiro. Oeiras (Portugal), Outubro 17-20 de 1983. Trabalhos. Oeiras, Centro de Investigações das Ferrugens do Cafeeiro. 1984. 353-373.
- BETTENCOURT, A. J. Considerações gerais sobre o "Híbrido de Timor". Campinas (Brasil), Instituto Agronómico de Campinas. Circular No. 23. 1973. 20 p.
- BETTENCOURT, A. J. Melhoramento genético do cafeeiro. Transferencia de fatores de resistencia a *Hemileia vastatrix* Berk & Br. para as principais cultivares de *Coffea arabica* L., Lisboa, Portugal. Junta de Investigações Científicas do Ultramar. 1981. 93 p.
- BETTENCOURT, A. J.; LOPES, J. Factores genéticos que condicionan a resistencia do Híbrido de Timor a *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Colloquie Scientifique Internationale Sur le Café, 10. Salvador, Bahía (Brasil), 11 a 14 outubro de 1982. Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1982: 56.
- BETTENCOURT, A. J.; NORONHA-WAGNER, M. Genetic factors conditioning resistance of *Coffea arabica* L. to *Hemileia vastatrix* Berk & Br. *Agronomía Lusitana* (Portugal) 31:285-292. 1971.
- BONILLA, C. Extracción de sólidos solubles. Chinchiná (Colombia), Fábrica de Café Liofilizado, Comunicación personal. 1985.
- BORLAUG, N. E. Basic concepts which influence the choice of methods for use in breeding for disease resistance in cross-pollinated and self-pollinated crop plants. In: NATO/NSF Advance. Symposium held the Pennsylvania State University. Proceedings. August 30 - September 11, 1964. 327-348.
- BORLAUG, N. E. Revolución verde, paz y humanidad. (Conferencia pronunciada en ocasión de la recepción del Premio Nobel de la Paz, de 1970, en Oslo, diciembre 11 de 1970). México. CIMMYT, Serie Reimpresos y Traducciones No. 3. CIMMYT. 1972. s.p.
- BRIGGLE, L. W. Heterosis in wheat. A Review. *Crop Science* (EE. UU.) 3(5):407-412. 1963.
- BRIGGLE, L. W.; VOGEL, O. A. Breeding short-stature disease resistant wheats in the United States *Euphytica* (Holanda) 17(Supl. 1):107-130. 1968.
- BRINK, R. A. Paramutation and chromosome organization. *Quarterly Review of Biology* (EE. UU.) 35:120-137. 1960.
- BROWNING, J. A. Diversity the only assurance against genetic vulnerability to disease in major crops. In: Central States Forest Tree Improvement Conference, 9a. Ames, Iowa State University, (EE. UU.) 1974. 23 p.
- BROWNING, J. A. Relevance of knowledge about natural ecosystems to development of pest management programs for agro-ecosystems. *Proceedings of the American Phytopathological Society* (EE. UU.). 1:191-199. 1974.
- BROWNING, J. A. Symposium on use of multilines for reducing rust epidemics. Feb. 1978, New Delhi 110, 12 India. Discusiones. *Indian Journal of Genetics & Plant Breeding* (India), 39(1):102-109. 1979.

- BROWNING, J. A.; FREY, K. J. Multiline cultivars as a means of disease control. *Annual Review of Phytopathology* (EE. UU.). 7:355-382. 1969.
- BROWNING, J. A.; FREY, K. J.; McDANIEL, M. E.; SIMONS, M. D.; WAHL, I. The biologic of using multilines to buffer pathogen populations and prevent disease loss. *Indian Journal of Genetics & Plant Breeding* (India) 39(1):3-9. 1979.
- CADENA G., G. Distribución geográfica de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk y Br. Chinchiná (Colombia), Centro Nacional de Investigaciones de Café. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 104. 1982. 2 p.
- CAPOT, J. L'amélioration du caféier en Cote d'Ivoire. Les hybrides "Arabustas". *Café, Cacao, Thé* (Francia) 16(1):3-18. 1972.
- CARDOSO, R. M. L.; SERA, T. Obtecao de cultivares de *Coffea arabica* com resistencia simultânea a *Hemileia vastatrix* e *Pseudomonas syringae* p.v. Simposio sobre Ferrugens do Cafeeiro, 1. Oeiras (Portugal), 17-20 outubro de 1983. Comunicacoes. Oeiras, Centro de Investigacoes das Ferrugens do Cafeeiro-Instituto de Investigacao Científica Tropical, 1984: 415-423.
- CARDOSO, R. M. L.; SERA, T. Reacao de materiais de diferentes especies de *Coffea* a *Fusarium oxysporum* f. sp. *Coffea* (GARCIA) WELLMANN, no Estado do Parana, Brasil. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 9. Sao Lourenco, M. G. (Brasil), 27-30 outubro de 1981. Resumos. Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1981: 123-124.
- CARVALHO, A. Recent advances in our knowledge of coffee trees. In: Sachs, B.; Sylvain, P. G. eds. *Advances in coffee production technology*. New York (EE. UU.), Coffee & Tea Industries, 1959: 15-19.
- CARVALHO, A. Taxonomia de *Coffea arabica* L. V. Algumas recombinações genéticas. *Bragantia* (Brasil) 12(4-6):171-178. 1952.
- CARVALHO, A.; KRUG, C. A.; MENDES, J. E. T.; ANTUNES Filho, H.; JUNQUEIRA, A. R.; ALOISI Sobrinho, J.; ROCHA, T. R.; MORAES, M. V. Melhoramento do cafeeiro. XXI. Comportamento regional de variedades, linhagens e progenies de café ao sol e a sombra. *Bragantia* (Brasil) 20(46):1045-1142. 1961.
- CARVALHO, A.; MÓNACO, L. C. Adaptacao e produtividade de cafeeiros portadores de fatores para resistencia a *Hemileia vastatrix*. *Ciencia e Cultura* (Brasil) 24(10):924-932. 1972a.
- CALVALHO, A.; MONACO, L. C. Melhoramento do cafeeiro visando a resistencia a ferrugem alaranjada. *Ciencia e Cultura* (Brasil), 23:141-146. 1971.
- CARVALHO, A.; MONACO, L. C. The breeding of arabica coffee. In: Ferwerda, F. P. i Wit., F., eds. *Outlines of perennial crop breeding in the tropic*. Wageningen (Holanda), Landbouwhogeschool. 1969: 198-216.
- CARVALHO, A.; MONACO, L. C.; VOSSEN, H. A. M. Van der. Resistencia do cafeeiro ao *Colletotrichum coffeanum*. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. 6. Riberao Preto, S. P., (Brasil) 24-27 outubro de 1978. Resumos. Rio de Janeiro. IBC-GERCA, 1978: 28-29.
- CARVALHO, A.; SONDAHL, M. R.; SLOMAN, C. Teor de cafeína em selecoes de café. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 10. Pocos de Caldas, M. G. (Brasil). 29 de agosto 1 de setembro de 1983. Resumos. Rio de Janeiro. IBC-GERCA, 1983: 111-113.

- CARVALHO, A.; TANGO, J. S.; MONACO, L. C. Genetic control of the caffeine content of coffee. *Nature (Inglaterra)* 205(4968):314. 1965.
- CASTILLO-Z., J. Plan de trabajo sobre resistencia a la roya del cafeto. Chinchiná (Colombia). Centro Nacional de Investigaciones de Café. Oficio No. 001363. Marzo 27 de 1972. 44 p.
- CASTILLO-Z., J.; MORENO-R., G. Obtención de materiales de café resistentes a *Hemileia vastatrix* en Colombia en ausencia de la enfermedad. Un programa cooperativo entre CENICAFE y el CIFC. García de Orta, Série Estudos Agronômicos (Portugal) 9(1-2):1-2.
- CASTILLO-Z., J.; MORENO-R., G. Selección de cruzamientos derivados del Híbrido de Timor en la obtención de variedades mejoradas de café para Colombia. Association Scientifique Internationale sur le Café. ASIC. Colloque Scientifique International sur le Café, 9. Londres. Jun 16-20 de 1980. Trabajos. Paris. ASIC 1981: 731-745.
- CASTILLO-Z., J.; PARRA-H., J. Exploración en el contenido de cafeína, grasas y sólidos solubles en 113 "introducciones" de café. *Cenicafé (Colombia)* 24(1):3-22. 1973.
- CENTRO DE INVESTIGACOES DAS FERRUGENS DO CAFEIRO. OEIRAS (Portugal). Progress report 1960-1965. Oeiras, CIFC, 1985. 144 p.
- CLIFFORD, M. N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: Clifford M. N.; Wilson, K. C. eds. *Coffee. Botany, biochemistry and production of beans and beverage*. Westport (EE. UU.). The AVI Publishing Company, Inc. 1985: 305-374.
- COFFEE RESEARCH FOUNDATION. Ruiru (Kenya). Preselection for CBD resistance by inoculation of the hypocotyl stems 5-6 weeks old seedlings of various breeding material ex CENICAFE, Colombia. Received in february 1976. Ruiru, Kenya, Coffee Research Foundation. Letter No. 10110 de mayo 27 de 1976. 1976. 2 p.
- COFFEE RESEARCH FOUNDATION. Ruiru (Kenya). Results of the CBD preselection test by inoculation of the hypocotyl stems of 6 weeks old seedlings. Coffee breeding progenies ex CENICAFE. Ruiru (Kenya), Coffee Research Foundation. Letter No. 10110 de abril 4 de 1978 3 p.
- CHARRIER, A. Etude de la structure et de la variabilité génétique des caféiers: Résultats des études et des expérimentations réalisées au Cameroun, en Cote d'Ivoire et a Madagascar sur l'espece *Coffea arabica* L. colletée en Ethiopie par une mission ORSTOM en 1966. Paris, (Francia). ORSTOM-IFCC, Bulletin IFCC No. 14. 1978. 99 p.
- CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Botanical classification of coffee. In: Clifford, M. N.; Willson, K. C. eds. *Coffee. Botany, biochemistry and production of beans and beverage*. Westport (EE. UU.), The AVI Publishing Company, Inc, 1985. pp. 13-47.
- CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Variation de la teneur en caféine dans le genere *Coffea*. *Café, Cacao, Thé (Francia)* 19(4):251-264. 1975.
- CHAVES, G. M.; ABREU, M. S. Identificacao de parametros para avaliacao de resistencia inespecifica contra *Hemileia vastatrix* Berk et Br. em mudas de café. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 6. Riberão Preto, S. P. (Brasil), 24-27 de outubro 1978. Resumos. Rio de Janeiro, IBC-GERCA. 1978: 18-19.

- CHAVES, G. M.; BETTENCOURT, A. J.; ZAMBOLIM, L.; CRUZ Filho, J. da. Comportamento de progenies F3 de Híbrido "Catimor" recebidos do Centro de Investigações das Ferrugens do Cafeeiro pela Universidade Federal de Vicosa. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 4. Caxambú, M. G. (Brasil), 23-26 de novembro 1976. Resumos. Rio de Janeiro. IBC-GERCA. 1976: 220-224.
- CHEVALIER, A. Les caféiers du globe. Systematique des caféiers et faux caféiers. Malades et insectes nuisible. Encycl. Biol. XXVII, Fas. III. P. Lechevalier, Paris (Francia). 1947: 356 p.
- D'ANTONIO, A. M.; PAULA, V. de. Comportamento de diversas progenies de Catimor em relação ao ataque de bicho mineiro, *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mén 1942) (Lepidoptera-Lyonetiidae) Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 9. São Lourenço, M. G. (Brasil), 27-30 outubro de 1981. Resumos. Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1981: 254-255.
- DAGET, N. Laboratorio de Metrología Sensorial. Departamento de Investigación y Desarrollo Nestlé. La Tour de Pailz (Suiza), Centre de Documentation Technique, 1980. s.p.
- DEDECCA, D. M. Anatomy. In: Sachs, B. & Sylvain, P. eds. *Advances in coffee production technology*, New York (EE. UU.). Coffee & Tea Industries. 1958:52-57.
- DUBLIN, P. Le caféier excelsa en République Centrafricaine. La Fructification et le fruit. *Café, Cacao, Thé* (Francia) 6(1):19-39. 1962.
- DURRANT, B. Unstable genotypes. In: *The manipulation of genetic systems in plant breeding*. A Royal Society Discussion. London. Oct 29-30 de 1980. London, The Royal Society, 1981: 467-474.
- EAGLES, H. A.; HINZ, P. N.; FREY, K. J. Selection of superior cultivars of oats by using regression coefficients. *Crop Science* (EE. UU.) 17(1):101-106. 1977.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* (EE. UU.) 6(1):36-40. 1966.
- EENINK, A. H. Genetics of host-parasite relationships and the stability of resistance. In: *Induced Mutations Against Plant Diseases*. Symposium. Viena (Austria), Jan 31 - Feb 4 de 1977. International Atomic Energy Agency. 1977: 47-57.
- ESKES, A. B. Incomplete resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*). Wageningen (Holanda) Agricultural University of Wageningen, 1983. 140 p. (Doctoral Thesis in Plant Breeding).
- FAZOULI, L. C.; LORDELLO, R. R. A. Resistência do cafeeiro híbrido do Timor a *Meloidogyne exigua*. In: *Reunión Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso de Ciência, 30a*. Resumos. Ciência e Cultura (Suplemento) (Brasil) 30(7):02-A.1. 1978.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Censo cafetero. 1970. Bogotá, Federación Nacional de Cafeteros, 1970. s.p.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Reintegro por exportaciones de café. *Economía Cafetera* (Colombia) 15(9):4. 1985a.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Manual del cafetero colombiano. 2a. ed. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 1958. 571 p.

- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. SECCION DE INVESTIGACIONES ECONOMICAS. Conocimientos y conductas de los caficultores de una zona óptima para la producción de café en Colombia sobre la roya del cafeto y sus repercusiones socio-económicas. Chinchiná (Colombia), Cenicafé. 1985. s.p. (Proyecto IE-42) (Mecanografiado).
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. SECCIONES DE FITOMEJORAMIENTO Y FITOPATOLOGIA. Evaluación de resistencia a la llaga macana (*Ceratocystis fimbriata*) en germoplasma de café (*Coffea* spp.). Chinchiná. (Colombia), Cenicafé. 1983b. 2 p. (Mecanografiado).
- FERNANDEZ-B., O.; CASTILLO-G., J.; BAEZA-A., C. A.; SIERRA-S., C. A.; ARISTIZABAL-B., R. Tercer informe de la Misión Técnica "Evaluación de la presencia de la roya del cafeto en Colombia". Bogotá, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia-instituto Colombiano Agropecuario. Agosto 31 de 1984. 17 p.
- FERNANDEZ-B., O.; MESTRE-M., A.; LOPEZ-D., S. Efecto de la fertilización en la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en frutos de café. Cenicafé (Colombia) 19(1): 5-16. 1966.
- FERNANDEZ-B., O. et al. Informe de la misión técnica evaluadora de la presencia de la roya del cafeto en Colombia (septiembre 27 a octubre 10 de 1983). Bogotá. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 1983. 14p. (mimeografiado).
- FERNIE, L. M. Coffee breeding program in Eastern Africa. In: Reunión Internacional sobre Mejoramiento Genético del Café (con énfasis en la resistencia a la roya). San José (Costa Rica). 9 p. 1977.
- FERREIRA, L. A. B.; VILAR, H. D.; FRAGOSO, M. A. C.; AGUIAR, M. C.; CRUZ, M. J. R.; GONCALVES M., M. Subsídios para a caracterizacáo do gran do café de "Híbrido de Timor". García de Orta, Serie de Estudos Agronómicos. (Portugal) 2(1):1-22. 1975.
- FERWERDA, F. P. Coffee breeding in Java. Economic Botany (EE. UU.) 2(3):258-272. 1948.
- FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. Australian Journal of Agricultural Research (Australia). 14:742-754. 1963.
- FLOR, H. H. Host-parasite interaction in flax-rust. Its genetics and other implications. Phytopathology (EE. UU.) 45(12):680-685. 1955.
- FOLSTAR, P. The composition of wax and oil in green coffee beans. Wageningen (Holanda), Center for Agricultural Publishing and Documentation, 1976. 65 p. (Doctoral Thesis).
- FREY, K. J.; BROWNING, J. A.; SIMONS, M. D. Management systems for host genes to control disease loss. Indian Journal of Genetics & Plant Breeding (India) 39(1):10-21. 1979.
- GILL, K. S.; NANDA, G. S.; SINGH, G.; AUJLA, S. S. Multilines in wheat, a review. Indian Journal of Genetics & Plant Breeding (India) 39(1):30-37. 1979.
- GONCALVES, M. M.; RODRIGUES, M. L. Estudos sobre o café de Timor. II. Nota sobre as possibilidades de producao do Híbrido de Timor no seu habitat natural. Lisboa (Portugal). Missáo de Estudos Agronomicos do Ultramar (Portugal). Comunicacoes No. 86. 1976: 31-72.

- GROENEWEGEN, L. J. M.; ZADOKS, J. C. Exploiting within-field diversity as a defense against cereal diseases: A plea for "Poly-genotype" varieties. *Indian Journal of Genetics & Plant Breeding (Indip)* 39(1):81-94. 1979.
- HENNEN, J. F.; FIGUEIREDO, M. B. The life cycle of *Hemileia vastatrix*. Simposio sobre Ferrugens do Cafeeiro. Oeiras (Portugal). Outubro 17-20 de 1983. Oeiras. Centro de Investigações das Ferrugens do Cafeeiro-Instituto de Investigação Científica Tropical. 1984. pp.:47-56.
- JOHNSON, R. A critical analysis of durable resistance. *Annual Review of Phytopathology (EE. UU.)* 22: 309-330. 1984.
- KAISER, A. A. P. G. Comparações entre seleções de Catimor e Blumor com Catuai no município de Sertãozinho - Paraná. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 10. Pocos de Caldas, M. G. (Brasil), 29 agosto - 1 setembro de 1983. Anais. Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1984: 37-41.
- KAISER, A. A. P. G. Comparações entre seleções de Catimor e Icatu com Catuai Amarelo e Mundo Novo em Cornélio Procopio Paraná. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 9, São Lauro, M. G. (Brasil), 27 a 30 outubro, 1981. Resumos. Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1981. 385-388.
- KRUG, C. A. The supply of better planting material. I. Arabicas. In: Sachs, B. & Silvain, P. G., eds. *Advances in coffee production technology*. New York (EE. UU.). Coffee & Tea Industries, 1958: 52-57.
- KRUG, C. A.; CARVALHO, A. The genetics of *Coffea*. *Advances in genetics*. (EE. UU.). Volume IV. 1951: 127-158.
- KRUG, C. A.; MENDES, J. E. T.; CARVALHO, A. Taxonomia de *Coffea arabica* L. II. *Coffea arabica* L. var. caturra e sua forma xanthocarpa. *Bragantia (Brasil)* 9(9-12):157-163. 1949.
- LEGUIZAMON C., J. Contribution a la connaissance de la résistance incomplète du caféier arabe (*Coffea arabica* L.) a la rouille orangée (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) Paris. Institut de Recherches du Café et du Cacao. 1985. 123 p. (Tesis para a obtenção do grau de Doutor Engenheiro em Agronomia) (Bulletin IRCC No. 17).
- LELIVELD, J. A. F. Fruit setting in coffee. *Arch. Koffiecult. (Ned. Ind.)* 12:127-161. 1938.
- LELIVELD, J. A. F.; MEDINA, D. M.; MENDES, A. J. T. Cytology, gametogenesis and development of seed and fruit. In: Ferwerda, F. P.; Wit, F. eds. *Outlines of perennial crop breeding in the tropics*. Wageningen (Holanda), Landbouwhogeschool. 1969: 192-197.
- LEON, J.; FOURNIER, L. Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. Turrialba (Costa Rica) 12(2):65-74. 1962.
- LEONARD, K. J.; CZOCHOR, R. J. Theory of genetic interactions among populations of plants and their pathogens. *Annual Review of Phytopathology (EE. UU.)* 18:237-258. 1980.
- LOURD, M.; HUGUENIN, B. La rouille farineuse des caféiers, *Hemileia coffeicola*, en Côte d'Ivoire. Etude de sa répartition et de son pouvoir pathogène. *García de Orta. Serie Estudios Agronómicos (Portugal)* 9(1-2):71-82. 1982.

- LUTHRA, J. K.; RAO, M. V. Escape mechanism operating in multilines and its significance in relation to leaf rust. *Indian Journal of Genetics & Plant Breeding (India)* 39(1):38-49. 1979.
- MARSHALL, D. R. The advantages and hazards of genetic homogeneity. *Annals of New York Academy of Sciences (EE. UU.)* 287:1-20. 1977.
- MAYNE, W. W. Physiological specialization of *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. *Nature (Inglaterra)* 129:150. 1932.
- MENCHU, E., J. F. La determinación de la calidad del café. Guatemala, Asociación Nacional del Café, Boletín No. 8. 1966. 51 p.
- MENDES, A. J. T. Cytological observations in *Coffea*. VI. Embryo and endosperm development in *Coffea arabica* L. *American Journal of Botany (EE. UU.)*. 28(10):784-789. 1941.
- MENDES, A. J. T. Partenogênese, partenocarpia e casos anormais de fertilizacáo em *Coffea*. *Bragantia (Brasil)* 6(6):265-273. 1946.
- MENDES, A. J. T.; MEDINA, D. M. Controle genético dos "frutos chochos" no café "Mundo Novo". *Bragantia (Brasil)* 14(9):87-99. 1955.
- MENDES, A. J. T.; MEDINA, D. M.; MENDES, C. H. T. Citologia do desenvolvimento dos frutos sem sementes no café "Mundo Novo". *Bragantia (Brasil)* 13(22):257-279. 1954.
- MENDES, C. H. T. Observacoes citológicas em *Coffea*. XVII. O saco embrionário em *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. *Bragantia (Brasil)* 10(4):105-111. 1950.
- MEYER, F. G. Notes on Wild *Coffea arabica* from southwestern Ethiopia, with some historical considerations. *Economic Botany (EE. UU.)* 19(2):136-151. 1965.
- MEYER, F. G.; FERNIE, L. M.; NARASIMHASWAMY, R. L.; MONACO, L. C.; GREATHEAD. FAO Coffee Mission to Ethiopia 1964-1965. Roma (Italia), Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1968. 200 p.
- MIGUEL, A. E.; PEREIRA, J. B. D.; ARAUJO NETTO, K. de A.; PAULINO, A. J.; TEIXEIRA, A. A. Comportamento de plantas de linhagem caticar 242-4 de catimor em relacáo a susceptibilidade a cercosporiose. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 8. Campos de Jordao, (Brasil). Sep. 25-Nov. 28 de 1980. Resumos. Rio de Janeiro, IBC-GERCA. 1980:69-71.
- MONACO, L. C. Consequences of the introduction of coffee rust into Brazil. *Annals of the New York Academy of Sciences (EE. UU.)* 287: 57-71. 1977.
- MORENO-R., G. Proyecto FM2-7. Estudio del comportamiento agronómico del Híbrido de Timor en diferentes zonas cafeteras de Colombia. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 1979. 8 p. (Mecanografiado).
- MORENO-R., G. Informe de estudios en el Brasil sobre mejoramiento genético del café. Chinchiná. (Colombia), Cenicafé, 1974. 41 p.
- MORENO-R., G. Variabilidad de semillas anormales de café en una población F2 de caturra x Híbrido de Timor. *Cenicafé (Colombia)* 28(2):39-50. 1977.

- MORENO-R., G.; CASTILLO-Z., J. Germoplasma existente en la colección colombiana de café e información disponible sobre algunas de sus características. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 1979. p.v. Anexos. (Mecanografiado).
- MORENO-R., G.; CASTILLO-Z., J.; OROZCO-G., L. Estabilidad de la producción de progenies de cruzamientos de caturra por Híbrido de Timor. Cenicafé (Colombia) 35(4):79-93. 1984.
- MULLER, R. A. Contribution á la connaissance de la phytomycocénose *Coffea arabica* L., *Colletotrichum coffeanum* Noack. *sensu* Hindorf, *Hemileia vastatrix* Berk et Br. *Hemileia coffeicola* Maublanc et Roger, Paris (Francia), Université Pierre et Marie Curie, 1978. 174 p. (These Doctorat d'Etat).
- NARASIMHASWAMY, R. L. Arabica selection S-795, its origin and performance, a study. Indian Coffee (India), 24(5):197-204. 1960.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Washington (EE. UU.). Genetic vulnerability of mayor crops. Washington, D. C. National Academy of Sciences. 1972. 307 p.
- NELSON, R. R. Breeding plants for disease resistance; concepts and applications, Pennsylvania, (EE. UU.), The Pennsylvania State University. 1973. 401 p.
- NELSON, R. R. Genetics of horizontal resistance to plant diseases. Annual Review of Phytopathology (EE. UU.) 16:359-378. 1978.
- NELSON, R. R. Stabilizing racial populations of plant pathogens by use of resistance genes. Journal of Environmental Quality (EE. UU.), 1(3):220-227. 1972.
- NORONHA-WAGNER, M.; BETTENCOURT, A. J. Genetic estudy of the resistance of *Coffea* spp. to leaf rust. I. Identification and behavior of four factors conditioning disease reaction in *Coffea arabica* to twelve physiologic races of *Hemileia vastatrix*. Canadian Journal of Botany (Canada) 45:2021-2031. 1967.
- OLIVEIRA, B. d'. As ferrugens do cafeeiro. Técnica experimental e apreciacao do grau de resistencia. Establecimiento de culturas. Revista do Café Português (Portugal) 2(7):9-17. 1955.
- PARLEVLIIET, J. E. The multiline aproach in cereals to rusts: Aspects, problems and possibilities. Indian Journal of Genetic & Plant Breeding (India) 39(1):22-29. 1979.
- PARLEVLIIET, J. E.; ZADOKS, J. C. The integrated concept of disease resistance; a new view including horizontal and vertical resistance in plants. Euphytica (Holanda) 26:5-21. 1977.
- PLAISTED, R. G.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. American Potato Journal (EE. UU.) 36:381-385. 1959.
- PLANK, J. E. van der. Disease resistance in plants. New York (EE. UU.). Academic Press. 1968. 206 p.
- QUINBY, J. R. The genetic control of flowering and growth in sorghum. Advances in Agronomy (EE. UU.) 25:125-162. 1973.

- RAJARAM, S.; SKOVMAND, B.; DUBIN, H. J.; TORRES, E.; ANDERSON, R. G.; ROELFS, A. P.; SAMBORSKI, D. J.; WATSON, I. A. Diversity of rust resistance of the CIMMYT multiline composite, its yield potential, and utilization. *Indian Journal of Genetics & Plant Breeding (India)* 39(1):60-71. 1979.
- RAYNER, R. W. Micología, historia y biología de la roya del café. Turrialba (Costa Rica), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Publicación miscelánea No. 94. 1972. 68 p.
- REITZ, L. P.; SALMON, S. C. Origin, history and use of Norin 10 wheat. *Crop Science (EE. UU.)* 8(4):686-689. 1968.
- REYMOND, D. Utilization de criteres analytiques pour définir la qualité du café boisson. *Colloque Scientifique International sur le Café, 10. Salvador, Bahía (Brasil), 11-14 outubro. 1982. Documentos. Paris, Association Scientifique International du Café, 1983: 159-172.*
- ROBINSON, R. A. The search and need for horizontal resistance to coffee rust and prospects for similar resistance to CBD in Ethiopia. *Reunión de Consulta de Expertos sobre Prevención de la Roya del Café, Turrialba (Costa Rica), 17-29 noviembre 1973. Turrialba, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1973: 25-35.*
- ROCKEFELLER FOUNDATION (EE. UU.). Program in Agricultural Sciences. Annual Report 1962-1963. 310 p.
- RODRIGUES-Jr., C. J.; BETTENCOURT, A. J.; RIJO, L. Races of the pathogen and resistance to coffee rust. *Annual Review of Phytopathology (EE. UU.)* 13:49-70. 1975.
- SHUKLA, G. K. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity (Inglaterra)* 29:237-245. 1972.
- SIMMONDS, N. W. Principles of crop improvement. Chicago (EE. UU.), Longman Group Limited, 1979. 408 p.
- SIMMONS, M. D. Polygenic resistance to plant disease and its use in breeding resistant cultivars. *Journal of Environmental Quality (EE. UU.)* 1(3):232-240. 1972.
- SRINIVASAN, C. S.; VISHVESHWARA, S. Heterosis and stability for yield in *arabica* coffee. *Indian Journal of Genetics & Plant Breeding (India)* 38(3):416-420. 1978.
- STEBBINS, G. L. Variation and evolution in plants. New York. Columbia University Press. 1960. 643 p.
- STRENGE, H. Von. Wild coffee in Kaffa province of Ethiopia. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 33(4): 297-301. 1956.
- SYLVAIN, P. G. Ethiopian coffee - its significance to world coffee problems. *Economic Botany (EE. UU.)* 12(2):111-139. 1958.
- TEIXEIRA A., A.; ARANGO NETTO K. de A. Avaliação preliminar da qualidade do café Catimor, Híbrido de Timor, Blumor e Catindú. *Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 4. Caxambú, M. G. (Brasil) 23 a 26 de novembro 1976. Resumos. Rio de Janeiro IBC/GERCA 1976: 60-61.*

- VALENZUELA S., G. Calendario de control de roya del cafeto segundo semestre de 1985. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Subgerencia General Técnica. Circular EXT-COM-043 de agosto 16 de 1985.
- VALENZUELA S., G. Control de la roya del cafeto. Bogotá, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Subgerencia General Técnica. 4 p. Circular EXT-COM-010 de febrero 19 de 1985 .
- VISHVESHWARA, S. Breeding for quality in coffee. *Indian Coffee* 35(12):509-512. 1971.
- VISHVESHWARA, S.; CHINNAPPA, C. C. Embryological studies in *Coffea arabica* L. Turrialba (Costa Rica) 15(4):307-316. 1965.
- VOSSSEN, A. M. Van der. 3 Coffee selection and breeding. In: Clifford, M. N.; Willson, K. C. eds. *Coffee. Botany, biochemistry and production of beans and beverage*. Westport, (EE. UU.). The AVI Publishing Company, Inc, 1985: 48-96.
- VOSSSEN, H. A. M. Van der; WALYARO, D. J. The coffee breeding programme in Kenya: A review of progress made since 1971 and plan of action for the coming years. *Kenya Coffee (Kenya)*, 46(541): 113-130. 1981.
- WALLIS, J. A. N. La calidad del café arabico en Kenia y Tanzania. *Café (Perú)* 8(1 y 2):2-25. 1967.
- WALYARO, D. J. A. Considerations in breeding for improved yield and quality in arabica coffee (*Coffea arabica* L.). Wageningen (Holanda). Landbouwhogeschool the Wageningen, 1983. 119 p. (Doctoral Thesis).
- WALYARO, D. J. A.; VOSSSEN, H. A. M. Van der; OWUOR, J. B. O. Breeding arabica Coffee in Kenya for resistance to coffee berry disease. *Proceeding Reg. Workshop "Coffee Berry Disease"*, 1. Addis Abeba (Etiopía). 19-23 July, 1982: 189-202.
- WATSON, I. A.; SINGH, D. The future for rust resistant wheat in Australia. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science (Australia)*, 18:190-197. 1952.
- WELLMAN, F. L. *Coffee. Botany, cultivation and utilization*. London, (Inglaterra), World Crops Books, 1961. 488 p.
- WELLMAN, F. L. Peligro de introducción de la *Hemileia* del café a las Américas. Turrialba (Costa Rica) 1(1-4):47-50. 1952.
- WOLFE, M. S. Some practical implications of the use of cereal variety mixtures. In: Scott, P. R.; Bainbridge, A. eds. *Plant disease epidemiology*. Oxford, (Inglaterra), Blackwell Scientific Publications. 1978: 201-207.
- WRICKE, G. On a method for a scertaining the ecological adaptability in field test. *Journal of plant Breeding (Alemania)* 47(1):92-96. 1962.
- YATES, F.; COCHRAN, W. G. The analysis of groups of experiments. *Journal of Agricultural Sciences (EE. UU.)* 28:556-580. 1938.

ANEXO I. PRODUCCION MEDIA EN CUATRO COSECHAS DE PROGENIES F1 DE C Y H DE 1 Y CUATRO VARIEDADES TESTIGO EN CINCO LOCALIDADES DE LA ZONA PACIFICA COLOMBIANA

1 9 6 7 - 1 9 6 8

Producción (kg/ha) cosechas 1967-1968

Cosecha	Localidad	Progenies F1				Variedades Testigo			
		C	H	C	H	C	H	C	H
1967									
1968									
1969									
1970									
1971									
1972									
1973									
1974									
1975									
1976									
1977									
1978									
1979									
1980									
1981									
1982									
1983									
1984									
1985									
1986									
1987									
1988									
1989									
1990									
1991									
1992									
1993									
1994									
1995									
1996									
1997									
1998									
1999									
2000									
2001									
2002									
2003									
2004									
2005									
2006									
2007									
2008									
2009									
2010									
2011									
2012									
2013									
2014									
2015									
2016									
2017									
2018									
2019									
2020									
2021									
2022									
2023									
2024									
2025									
2026									
2027									
2028									
2029									
2030									

ANEXOS XIII.

XIII .

ANEXOS

ANEXO 1. PRODUCCION MEDIA EN CUATRO COSECHAS DE PROGENIES F3 DE C x H DE T Y CUATRO VARIETADES TESTIGO EN CINCO LOCALIDADES DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA.

Genotipo Progenies F3	Localidades									
	Caldas			Quindío	Tolima	Antioquia	Valle			
	1	2	3				1	2		
706	—	—	5,4+	—	—	—	—	—	—	—
767	—	—	4,8	—	—	—	—	—	—	—
871	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
872	4,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
883	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,3
888	—	—	5,2+	—	—	—	—	—	—	—
889	—	—	—	—	5,0	—	—	—	—	—
892	—	—	4,9+	—	—	—	—	—	—	—
895	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,3
905	3,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
934	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,6
979	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,4
983	5,3+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
989	—	4,1	—	4,6	—	—	—	—	5,7	—
909	3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
998	4,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	—	5,2+	—	5,3	3,6	—	4,3	—	4,2	—
1002	4,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1302	—	5,0+	—	5,1	3,8	—	4,6	—	—	—
1304	—	5,4+	—	6,3	—	—	4,4	—	—	—
1305	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1309	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,3
1313	—	4,5	—	4,9	4,3	—	—	—	5,6	—
1318	4,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1324	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,7
1344	4,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1347	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1360	4,2	—	—	—	4,2	—	—	—	—	—
1372	—	4,9	—	5,3	4,4	—	4,9	—	—	—
1378	—	5,0+	—	4,2+	4,9	—	4,4	—	5,3	—
1382	—	4,4	—	5,4	—	—	—	—	—	—
1386	—	4,7	—	5,0	4,6	—	3,5	—	—	—
1392	—	4,8	—	5,3	—	—	—	—	—	—
1402	—	4,6	—	4,9	4,0	—	—	—	4,7	—
1404	—	4,8	—	5,4	5,3	—	—	—	4,7	—

Continúa...

(Continuación)

ANEXO 1. PRODUCCION MEDIA EN CUATRO COSECHAS DE PROGENIES F3 DE C x H DE T Y CUATRO VARIEDADES TESTIGO EN CINCO LOCALIDADES DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA.

Genotipo Progenies F3	L o c a l i d a d e s									
	Caldas			Quindío	Tolima	Antioquia	Valle			
	1	2	3	—	—	—	1	2		
	Toneladas de café pergamino seco/ha/año									
1406	—	5,5+	—	6,6	4,8	—	4,7	6,4+	—	—
1407	—	4,4	—	5,2	—	—	—	—	—	—
1409	—	4,9	—	5,6	—	—	—	—	—	—
1424	4,4	—	—	—	4,2	—	—	—	—	—
1425	4,4	—	—	—	4,8	—	—	—	—	—
1429	—	5,5+	—	6,4	4,8	—	—	6,0+	—	—
1430	—	—	—	—	—	—	—	—	3,6-	—
1844	—	—	4,7	—	—	—	—	—	—	—
1859	—	—	4,4	—	—	—	—	—	—	—
1889	—	—	4,4	—	—	—	—	—	—	—
1902	—	—	5,6+	—	—	—	—	—	—	—
1956	—	—	4,5	—	—	—	—	—	—	—
1958	—	—	4,4	—	—	—	—	—	—	—
1979	—	—	5,2+	—	—	—	—	—	—	—
2030	—	—	4,7	—	—	—	—	—	—	—
2036	—	—	4,4	—	—	—	—	—	—	—
2054	—	—	4,8	—	—	—	—	—	—	—
2092	—	—	4,7	—	—	—	—	—	—	—
2094	—	—	5,6+	—	—	—	—	—	—	—
2095	—	—	3,5	—	—	—	—	—	—	—
Promedio F3	4,3	4,9	4,8	5,3	4,5	—	4,4	5,3	4,2	—
Variedades testigo										
CR	4,0*	4,4*	4,2*	5,4	4,9	—	4,5	4,6*	5,0*	—
CA	4,1*	4,3*	—	6,3*	5,4	—	—	4,4*	5,1*	—
CiR	4,6*	4,3*	3,7*	6,8*	5,0	—	—	5,4	—	—
CiA	3,7*	3,5	3,7*	5,9	5,3	—	5,3	4,5*	4,4	—
X testigos	4,1	4,1	3,9	6,1	5,1	—	4,9	4,7	4,8	—
1/ promedio	4,1	4,3	3,9	6,6	—	—	—	4,5	5,1	—
2/ d'Dunnett	0,7	0,6	0,9	2,2	NS	—	NS	1,2	1,0	—

1/ Promedio de los testigos escogidos (marcados con *) para comparar con cada genotipo.

2/ d' = Valor crítico en la prueba de Dunnett, para comparar cada tratamiento con el promedio de los testigos escogidos.

+ , - : Producciones estadísticamente superiores o inferiores al promedio de los testigos escogidos.

ANEXO 2. PRODUCCION MEDIA EN CUATRO COSECHAS DE 31 PROGENIES F4 DE C. X H. DE T., Y CUATRO VARIETADES TESTIGO, EN SEIS LOCALIDADES DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA.

Genotipos	L o c a l i d a d e s						Promedio
	Caldas 1	Antioquia	Caldas 2	Tolima	Quindío	Cundinamarca	
	Toneladas de café pergamino seco/ha/año						
28	—	4,80	5,35	—	5,02—	4,31—	4,87
40	—	5,65	6,14	—	—	—	5,90
41	8,32	6,35	7,48	6,31	6,98	—	7,09
137	7,15	6,90	6,31	6,27	6,92	5,56	6,52
151	6,21—	7,25	6,78	6,31	—	5,28—	6,36
153	5,88	6,24	5,62	5,88—	6,43	—	6,01
168	—	—	4,99	5,97—	3,60—	5,13—	4,92
170	7,71	6,73	6,43	6,32	6,47	5,92	6,60
192	6,16—	5,99—	6,29	5,54—	5,72—	—	5,94
203	7,09	6,24—	6,85	6,20	6,29—	—	6,53
206	—	7,22	6,73	—	7,18	6,39	6,88
208	5,63—	5,86—	6,03	5,16—	4,25—	3,82—	5,13
209	—	5,98—	6,11	—	5,56—	—	5,88
219	7,25	—	5,29—	6,97	—	—	6,50
221	7,32	6,79	6,34	6,62	7,00	7,05	6,85
222	—	6,53	5,80	—	5,91	6,45	6,17
240	7,84	6,81	6,72	6,75	—	5,63	6,75
241	6,09	6,45	5,55	—	5,80	4,28—	5,63
248	6,15—	5,82	4,68—	6,35	7,04	—	6,01
293	5,69—	5,78—	5,83	6,45	4,61	6,04	5,73
321	—	5,49—	7,11	—	6,89	5,25—	6,19
322	7,19—	7,27	7,79+	6,95	6,49	—	7,14
323	6,46—	6,16—	6,98	6,12	6,25—	—	6,39
388	4,66—	—	4,89—	6,29	3,42—	5,15—	4,88
393	—	—	—	—	4,51	—	4,51
394	4,66—	4,87—	5,47	6,94	4,82—	4,92—	5,28
399	6,28—	6,73	4,29—	6,31	6,13	5,55	5,88
403	7,21—	7,04	7,91+	5,86	6,43	6,40	6,81
404	7,42	6,57	6,03	6,99	6,34	—	6,66
427	—	5,83	5,15—	5,18	5,18—	4,55—	5,18
437	6,67	6,13—	6,63	—	—	—	6,48
Promedio F4	6,59	6,28	6,12	6,26	5,82	5,43	6,05
Variedades testigo							
CA	7,98*	7,54*	5,98	6,91*	7,70*	6,11*	7,04
CR	6,32—	6,56	5,15—	6,48	6,30	5,91	6,12
Ci A	8,28*	7,00*	6,67*	6,25	6,73	6,99*	6,98
Ci R	—	6,89*	6,33*	7,31*	7,13*	—	6,91
X testigos	7,53	7,00	6,03	6,74	6,97	6,34	6,76
Promedio 1/ d' 2/	8,13 2/ 0,89 3/	7,14 0,83	6,50 1,19	7,11 1,09	7,42 1,12	6,55 1,23	— —

1/ Promedio de los testigos escogidos (marcados con *) para comparar con cada genotipo.

2/ d' = Valor crítico en la prueba de Dunnett, para comparar cada tratamiento con el promedio de los testigos escogidos.

+, -: Producciones estadísticamente superiores o inferiores al promedio de los testigos escogidos.

ANEXO 3. ANALISIS DE VARIANZA DE LA PRODUCCION DE PROGENIES F3 DE C X H DE T, Y VARIIDADES TESTIGO EN OCHO ENSAYOS EN CINCO LOCALIDADES.

Fuente de variación	Caldas 1			Caldas 2			Caldas 3			Quindío		
	GL	CM	F	GL	CM	F	GL	CM	F	GL	CM	F
Genotipos	17	111,84	4,46**	19	12,57	12,83**	19	297,17	8,31**	19	21,92	2,37*
Replicaciones	1	289,83	11,55	1	1,30	1,33	1	46,15	1,29	1	5,9	0,67
Error	17	25,09		19	0,98		19	35,73		19	9,23	
Parcelas	(35)			(39)			(39)			(39)		
Arboles en parcelas	288	13,35		320	2,63		320	28,66		280	4,13	
TOTAL	323			359			359			319		
Tolima												
Antioquia												
Valle 1												
Valle 2												
Genotipos	17	14,59	1,56	8	14,03	1,34	11	20,46	6,16**	9	24,19	6,09**
Replicaciones	1	14,60	1,56	1	78,1	7,47	1	0,70	0,21	2	16,30	4,11
Error	17	9,35		8	10,46		11	3,32		18	3,97	
Parcelas	(35)			(17)			(23)			(29)		
Arboles en parcelas	288	1,46		162	4,38		192	3,56		240	3,26	
TOTAL	323			179			215			269		

*, **: Significativo para P = 95% o y 99% o respectivamente.

ANEXO 4. ANALISIS DE VARIANZA DE LA PRODUCCION DE PROGENIES F4 DE C X H DE T Y VARIETADES TESTIGO, EN SEIS LOCALIDADES.

Fuente de variación	Tolima			Quindío			Antioquia		
	GL	CM	F	GL	CM	F	GL	CM	F
Genotipos	25	6,27	2,50**	29	27,20	17,32**	30	10,02	10,44*
Arboles en genotipo (error)	676	1,47		780	1,57		806	0,96	
TOTAL	701			809			836		
	Cundinamarca								
	Caldas (1)								
	GL	CM	F	GL	CM	F	GL	CM	F
Genotipos	20	18,29	9,33*	24	22,31	11,99**	33	16,39	9,31**
Arboles en genotipo (error)	546	1,96		650	1,86		884	1,76	
TOTAL	566			674			917		
	Caldas (2)								
	GL	CM	F	GL	CM	F	GL	CM	F
Genotipos	20	18,29	9,33*	24	22,31	11,99**	33	16,39	9,31**
Arboles en genotipo (error)	546	1,96		650	1,86		884	1,76	
TOTAL	566			674			917		

*, ** : Significativo para P = 95% o y 99% o, respectivamente.

ANEXO 5. ANALISIS DE VARIANZA Y COMPONENTES DE LA VARIACION DE LA PRODUCCION ACUMULADA DURANTE CUATRO COSECHAS, PARA SIETE PROGENIES F3 DE C X H DE T, Y CUATRO VARIETADES TESTIGO ESTUDIADAS EN CHINCHINA. DATOS EN KILOGRAMOS DE CAFE MADURO POR PLANTA.

Fuente de variación		Componente			
G.L.	C.M.	C. M. E.	Símbolo	Valor	Contribución o/o
Replicaciones	1	4,63	$\sigma_a^2 + a\sigma_{gr}^2 + ag\sigma_r^2$		
Genotipos	19	138,64**	$\sigma_a^2 + a\sigma_{gr}^2 + ar\sigma_g^2$	7,70	21
Genotipo x replicación	19	15,46	$\sigma_a^2 + a\sigma_{gr}^2$	-1,67 (0)	0
Arboles en (Gen. x Repl.)	280	28,87	σ_a^2	28,87	79
TOTAL	319		SUMA	36,57	100%o

** : F significativo para P = 99%o.

$$V_{\bar{g}} = \frac{\sigma_a^2}{16} + \frac{\sigma_{gl}^2}{2} + \sigma_g^2 = 9,5$$

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{V_{\bar{g}}} = \frac{7,7}{9,5} = 0,81$$

ANEXO 6. ANALISIS DE VARIANZA Y COMPONENTES DE LA VARIACION DE LA PRODUCCION ACUMULADA EN CUATRO COSECHAS PARA 16 PROGENIES F4 DE C X H DE T Y TRES VARIETADES TESTIGO DE PORTE BAJO, EN CINCO LOCALIDADES (DENSIDAD DE SIEMBRA = 5.000 PLANTAS POR HECTAREA; DATOS EN KILOGRAMOS DE CAFE MADURO POR PLANTA).

Fuente de variación	G.L.	C.M.	C. M. E.	Componente		
				Símbolo	Valor	Contribución o/o
Genotipos (G)	18	614,71**	$\sigma_a^2 + a\sigma_{gl}^2 + a\sigma_g^2$	σ_g^2	1,89	6,3
Localidades (l)	4	359,13*	$\sigma_a^2 + a\sigma_{gl}^2 + ag\sigma_l^2$	σ_l^2	0,43	1,4
Gen. x Loc. (g x l)	72	138,25**	$\sigma_a^2 + a\sigma_{gl}^2$	σ_{gl}^2	4,25	14,1
Arboles en (gen x loc.)	2.470	23,61	σ_a^2	σ_a^2	23,61	78,2
				SUMA	30,18	100,0/o

*, **: F significativo para P = 95% o y 99% o.

$$V_g = \frac{\sigma_a^2}{135} + \frac{\sigma_{gl}^2}{27} + \frac{\sigma_g^2}{2,22} = 2,22$$

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{V_g} = \frac{1,89}{2,22} = 0,85$$

ANEXO 7. ANALISIS DE VARIANZA Y CUADRADOS MEDIOS ESPERADOS DE LA PRODUCCION ACUMULADA EN DOS COSECHAS, EN 108 PROGENIES F5 DE C X H DE T, ESTUDIADAS EN TRES ENSAYOS EN CHINCHINA, CALDAS (DATOS EN KILOGRAMOS DE CAFE MADURO POR PLANTA).

Fuentes de variación	G.L.	E x p e r i m e n t o			C. M. E.
		81/2	81/3	81/4	
Genotipo (G)	35	28,2**	43,2**	35,5**	$\sigma_a^2 + 9\sigma_{gr}^2 + 18\sigma_g^2$
Replicaciones (R)	1	112,0**	52,2**	12,7 NS	$\sigma_a^2 + 9\sigma_{gr}^2 + 324\sigma_r^2$
G x R	35	11,5	6,0	14,5	$\sigma_a^2 + 9\sigma_{gr}^2$
Arboles en (G x R)	576	2,9	3,8	4,1	σ_a^2
TOTAL	647	4,9	6,1	6,4	

** = Valor de F significativo con P: 0,01.

ANEXO 8. COMPONENTES DE LA VARIANZA DE LA PRODUCCION EN 108 PROGENIES F5 DE C X H DE T, EVALUADAS EN TRES ENSAYOS EN CHINCHINA, CUYOS ANALISIS ESTADISTICOS APARECEN EN EL ANEXO 7.

Componente	Símbolo	Experimento		
		Valor y contribución (0/o)		
		81/2	81/3	81/4
Genotipos (G)	σ_g^2	0,93 13,30/o	2,07 34,10/o	1,16 18,05/o
Genotipo (G) x Rep. (R)	σ_{gr}^2	0,95 19,80/o	0,25 4,10/o	1,16 18,05/o
Arboles en (G x R)	σ_a^2	2,93 60,90/o	3,75 61,80/o	4,10 63,90/o
S U M A		4,81 1000/o	6,07 1000/o	6,42 1000/o

$$V_g = \frac{\sigma_a^2}{18} + \frac{\sigma_{gr}^2}{2} + \sigma_g^2 = 1,57 \quad 2,40 \quad 1,97$$

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{V_g} = 0,59 \quad 0,86 \quad 0,59$$

FOTOGRAFIAS

ANEXO 9. ESCALA DE CALIFICACION DE LOS TIPOS DE REACCION (*) DE CAFETOS INOCULADOS CON *Hemileia vastatrix*, APLICADA POR EL C.I.F.C. (TOMADA DE BAEZA, 1976).

- i - Inmune: sin señal alguna que indique que hubo infección.
 - F1 - Flecks: áreas pequeñas en los sitios de infección a manera de puntos decolorados, visibles al transluz.
 - ; - Puntos necróticos: situados en el punto de penetración del hongo, o dispersos por el área de infección. Son visibles macroscópicamente.
 - T - Pequeña tumefacción: ubicada en el punto de penetración del hongo. Bien visible con lupa.
 - O - Clorosis: Más o menos intensa en el área de infección; a veces acompañada de pequeñas áreas necróticas sin formación de soros uredosporíferos.
 - 1 - Soros uredosporíferos escasos: Siempre muy pequeños; a veces sólo distinguibles con lupa en áreas predominantemente cloróticas, en ocasiones acompañados de necrosis.
 - 2 - Pústulas uredospóricas pequeñas o medias, difusas, más bien visibles macroscópicamente en áreas intensamente cloróticas.
 - 3 - Pústulas uredospóricas medias o grandes, rodeadas de clorosis.
 - 4 - Grandes pústulas uredospóricas, sin verdadera hipersensibilidad, con posible presencia de leve clorosis en la margen de las infecciones. Altamente congénial o susceptible.
 - X - Reacción heterogénea: Pústulas uredospóricas de tamaño variable, incluyendo diversos tipos o grados de infección con expresiones de congénialidad e incongénialidad.
-

(*) Inmune = i

Resistente = F1, ;, T.

Moderadamente resistente = 0 + 1-, 1 + 2-

Moderadamente susceptible = 2 + 3-

Susceptible = 3 + 4-, 4



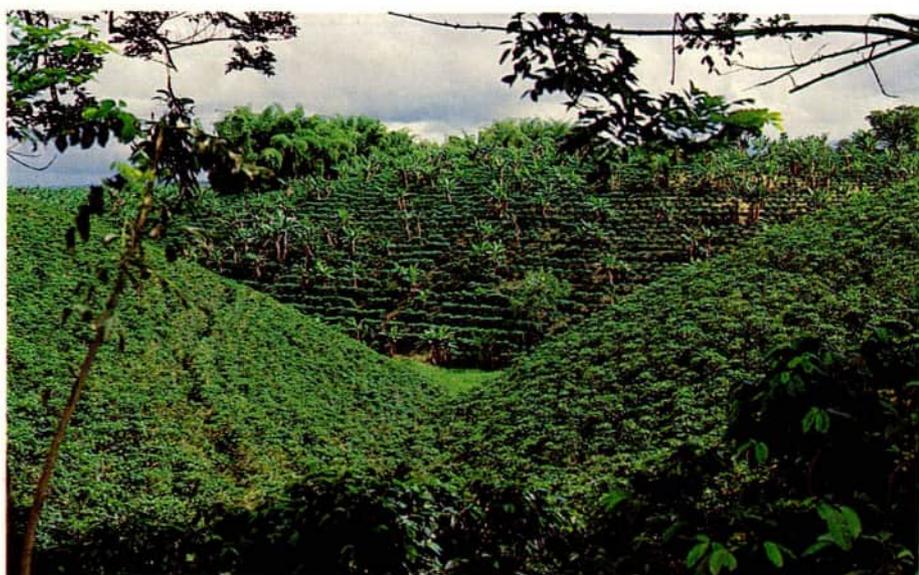
FOTOGRAFÍAS

XIV.

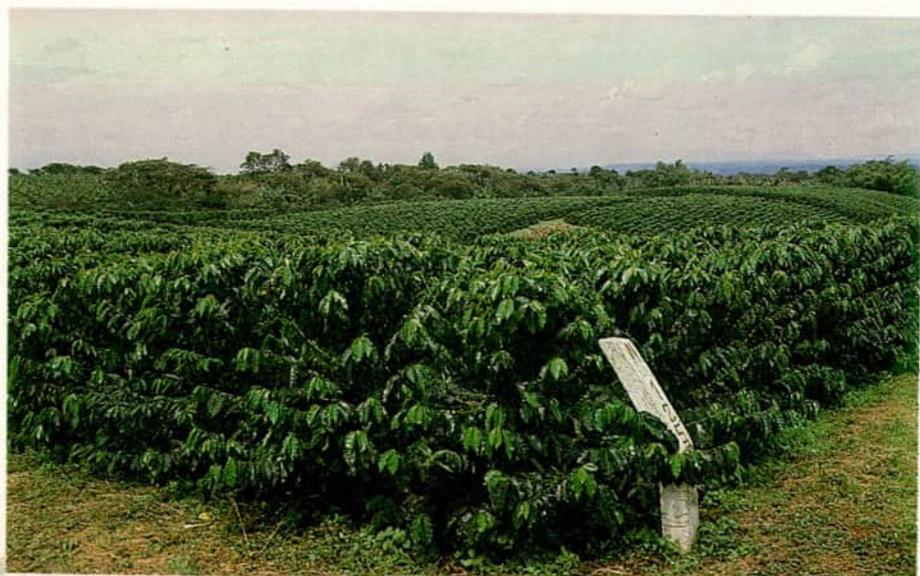
A - Arbol de la Variedad Colombiana en una parcela de propagación.



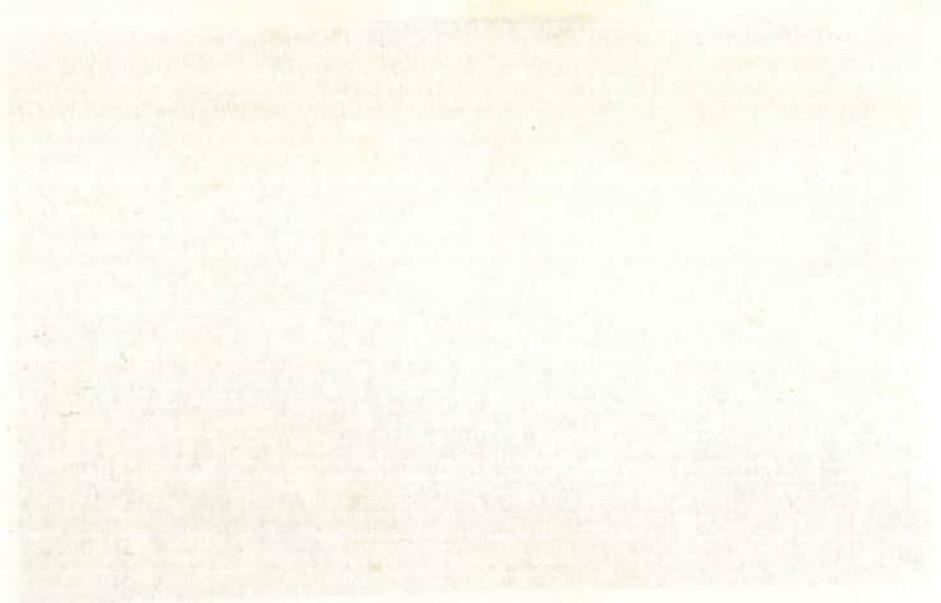
A - Arbol de la Variedad Colombia en una parcela de propagación.



B - Panorámica de las parcelas de propagación en la Hacienda Maracay, en el departamento del Quindío.



C - Aspectos de la propagación de semillas en parcelas separadas, en la Hacienda Maracay.





D - Siembras de la Variedad Colombia en fincas del municipio de Palestina, Caldas.



E - Siembras de la Variedad Colombia en fincas particulares en el municipio de Chinchiná, Caldas.





F - Siembra comercial de la Variedad Colombia en el municipio de Palestina, Caldas



G - Paquete utilizado por la Federación de Cafeteros.



"LA VARIEDAD COLOMBIA. Selección de un Cultivar Compuesto Resistente a la Roya del Cafeto". Libro publicado por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia; se terminó de imprimir en los Talleres de Editolaser S en C en el mes de agosto de 1988.