

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DIFERENCIACION FENOTIPICA DE ALGUNOS CAFES ETIOPESES  
EN LA COLECCION DEL CATIE, TURRIALBA, COSTA RICA

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto  
de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la  
Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de  
Investigación y Enseñanza, para optar el grado de

*Magister Scientiae*

por

RENAN ZUNIGA ALVAREZ

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
Unidad de Recursos Genéticos  
Turrialba, Costa Rica

1980

## DEDICATORIA

A mis padres,  
por sus esfuerzos y sacrificios.

A mi esposa,  
por su estímulo y comprensión.

A mis hijos.

A la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

## AGRADECIMIENTO

El autor agradece:

- Al Dr. Jorge León, profesor consejero, su ayuda y orientación.
- A los doctores Pierre Sylvain, Gustavo Enríquez y al Ing. Jorge Echeverri, sus sugerencias y colaboración.
- A los señores Joaquín Córdova, Carlos Umaña y Luis Mora por su colaboración.

## BIOGRAFIA

El autor nació en El Mochito, Santa Bárbara, Honduras el 26 de Junio de 1950; realizó sus estudios primarios en la escuela Miguel Paz Barahona del mismo lugar y los secundarios en la Escuela Normal John F. Kennedy en San Francisco, Atlántida; graduándose de Maestro de Educación Primaria en 1968.

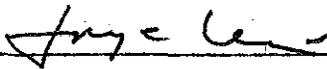
En 1971 ingresó a la Facultad de Ingeniería Agronómica del Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico, de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. En 1976 se incorporó al Instituto Nacional Agrario para realizar un año de Servicio Social, como requisito previo de graduación, laborando hasta 1977 como técnico de la Sección de Cítricos de dicho Instituto y obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo en 1978.

En Marzo de 1978 ingresó al Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, obteniendo el grado de Magister Scientiae en Abril de 1980.

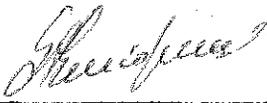
Esta t esis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR/CATIE, como requisito parcial para optar el grado de

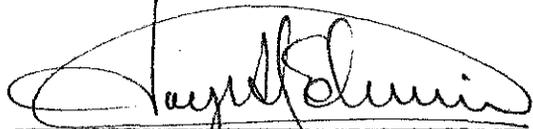
Magister Scientiae

JURADO:

  
\_\_\_\_\_  
Jorge León, Ph.D.                      Profesor Consejero

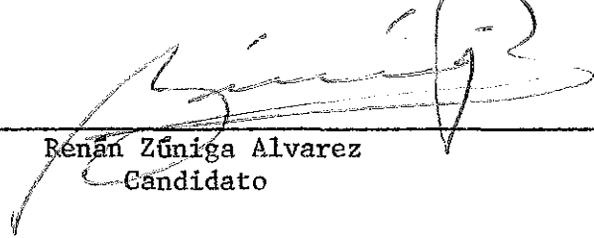
  
\_\_\_\_\_  
Pierre G. Sylvain, Ph.D.              Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Gustavo Enríquez, Ph.D.              Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Jorge Echeverr , Mag. Sci.            Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Coordinador del Programa de Estudios de Posgrado  
en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales.

  
\_\_\_\_\_  
Coordinador del Sistema de Estudios de Posgrado  
de la Universidad de Costa Rica

  
\_\_\_\_\_  
Renán Zúniga Alvarez  
Candidato

## CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 Clasificaciones de las Poblaciones de Cafés Etíopes...	2
1.2 Variabilidad Genética de los Cafés Etíopes.....	4
2. MATERIALES Y METODOS.....	8
2.1 Area de Estudio.....	8
2.2 Material vegetal.....	8
2.3 Descriptores.....	8
2.4 Análisis estadístico.....	19
3. RESULTADOS.....-	22
4. DISCUSION.....	33
4.1 Descriptores.....	33
4.2 Agrupaciones.....	38
4.3 Variabilidad.....	39
5. CONCLUSIONES.....	43
6. LITERATURA CITADA.....	44

## RESUMEN

El estudio se realizó en la colección de café del CATIE, con 49 introducciones etíopes colectadas por la misión FAO y 10 plantas de 'Typica'. Con el método de análisis factorial en componentes principales, se determinó que los descriptores de forma de la hoja, tamaño y forma del fruto, tamaño del disco, duración del período de formación de la cosecha y productividad, eran los mejores diferenciadores entre los 28 originalmente escogidos. En base a una prueba de Duncan se analizaron gráficamente las introducciones en relación a los descriptores anchura de la hoja al 50% de su longitud, anchura de fruto y anchura de fruto/diámetro de disco, definiéndose 7 grupos y 9 introducciones separadas. Se observó que tanto las introducciones que formaban los grupos como las que eran diferentes entre sí tenían el mismo origen geográfico (provincias de Kaffa e Illubabor), lo cual muestra el polimorfismo existente en los cafés de esa región.

## S U M M A R Y

Data on 49 introductions of Ethiopian coffee and on 10 plants of 'Typica' used for comparison, in a factor analysis showed that the descriptors with the highest discriminative value, among the 28 characters measured, were leaf shape, size and shape of fruit, disc diameter, ripening period and yield, in that order. Leaf width at 50% of length, fruit width and the ratio fruit width/disc diameter, in a graphic analysis using the Duncan test, permitted to separate the 49 introductions into 7 groups, with 9 introductions that remain isolated. As all the introductions come from the provinces of Kaffa and Illubabor, the study shows the range of polymorphism in the coffee types of a rather small section of Ethiopia.

## LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1	Introducciones etíopes colectadas por la Misión FAO y usadas en el estudio.....	9
2	Lista de descriptores establecidos para <u>Coffea arabica</u> .....	14
3	Valores medios, desviaciones estandar y coeficientes de variabilidad de los descriptores.....	23
4	Matriz de correlaciones entre descriptores.....	24
5	Matriz de "pesos" de factores (correlaciones factor-descriptor) para cada descriptor.....	25
6	Análisis de varianza de los descriptores mejor explicados por cada uno de los factores retenidos.....	28
7	Comparación de las introducciones por la prueba de Duncan .....	32

## LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
1	Medidas tomadas para determinar la forma de la hoja...	17
2	Variabilidad de la Forma de la Hoja.....	27
3	Agrupamiento de las introducciones en relación a los descriptores 28 y 9.....	30
4	Agrupamiento de las introducciones en relación a los descriptores 28 y 12.....	31
5	Etiopia. Areas de colección de la misión FAO en 1964- 1965.....	40

## 1. INTRODUCCION

La historia de Coffea arabica L., la especie de café más cultivada en el mundo y la que produce mejor calidad, ha estado asociada con su cultivo en el mundo árabe por quizás 700 años; este fue el motivo por el cual Linnaeus le diera el nombre de C. arabica, en su *Species Plantarum* en 1753. Plantas de esta especie cultivadas en Yemen fueron llevadas a Java, de donde se envió semilla a Europa en el siglo XVII y de aquí a América a principios del siglo XVIII (26).

Según Chevalier (13), Antoine de Jussieu fue quien hizo la primera descripción de esta especie en 1813, basándose en plantas cultivadas en el Jardín de Plantas de París. Con el material colectado en Etiopía por Quartier-Dillon y Petit, según Meyer (26), Richard hizo en 1847 la primera descripción completa de Coffea arabica L.. En la actualidad la mayoría de los autores están de acuerdo en que Etiopía es el centro de origen de Coffea arabica L.. La variabilidad observada en esta región es mucho más grande que la que presentan los millones de cafetos cultivados en los trópicos (28).

De acuerdo a Chevalier (14), Coffea arabica L. se encuentra en estado silvestre en las montañas de Etiopía, a alturas de 1.000 a 2.500 m, en los estrechos valles del centro y oeste, en los altos afluentes del Atbarra hacia el lago Tana, en las montañas a lo largo de los ríos que descienden al Nilo Azul y al Sobat, así como en Kaffa entre los ríos Gobjib y Omo; también existe a lo largo de los altos afluentes que desembocan en el lago Rodolfo.

Thomas (46) informa haber encontrado Coffea arabica L. en estado silvestre en el altiplano de Boma, Sudán, en las áreas de Barbuk y Rume; supone que la planta no es nativa de este lugar por la poca variabilidad existente en comparación con Etiopía.

En opinión de Mooney, citado por Narasimhaswamy (32), el área principal de café silvestre en Etiopía esta comprendida entre las poblaciones de Bonga, Agaro, Gore, Bure, Teppi y Misan Teferi.

### 1.1 Clasificaciones de las Poblaciones de Cafés Etíopes.

Dada la gran variabilidad observada en los cafés etíopes, tanto en la morfología de la planta como en el grano comercial, se han hecho diversas clasificaciones y tipificaciones, la mayoría más con fines comerciales que con propósitos botánicos.

Chavalier (13), basándose en el material colectado en Etiopía por Quartier-Dillon y Petit en 1830 y por Schimper en 1840, creó la variedad 'Abyssinica', diferenciándola por tener frutos grandes y marcadamente pedunculados, y considerándola como representativa de los cafés etíopes.

Kostlan, citado por Cramer (15) distinguió en 1913 dos clases de cafés etíopes, Harrar y Abyssinia, y los diferenció por el tamaño del grano, más grande en el primero y porque Harrar era cultivado mientras que Abyssinia procedía de árboles silvestres.

Spaletta (38) en 1917, clasificó los cafés etíopes con propósitos comerciales basándose en características del grano como tamaño, color y aroma, en cuatro variedades principales: Ennaria o Maria, Arrari o Arrarino, Zaghie o Zeghie y Gentel.

Bránzanti (6) en 1942, dió cuenta de la existencia de tres tipos de café en el distrito de Jimma: Malo, Jimma y Aggaro, los caracterizó en base a la forma y tamaño de la hoja y del grano, color de los brotes y aroma.

Sylvain (43) afirma que durante su estadia en Etiopía en 1952-53, la única especie de café que encontró fue Coffea arabica L.; hace una clasificación tentativa basada en el tamaño y forma de semillas y frutos, color del brote y presencia de cáliz persistente. Los tipos por él colectados fueron: 'S.2-Ennarea' o 'Ennaria', 'S.3-Jimma', 'S.12-Kaffa', 'S.4-Agarro o Agaro', 'S.6-Cioccie', 'S.17-Irgalem', 'S.8-Tafari-Kela', 'S.9-Arba Gougou Red Tipped', 'S.10-Harrar', 'S.14-Loulo', 'S.15-Wolkitte' o Volchitte'. Esta es la primera clasificación que puede considerarse que establece las variedades con criterio científico. Destaca que 'Ennarea' presenta más similitud con la variedad 'Abyssinica' de Chevalier; que el grupo 'Jimma-Kaffa' es el más frecuente y probablemente el más primitivo, caracterizándose por tener el cáliz bien desarrollado y persistente en el fruto maduro, 'Arba Gougou' es similar a 'Purpurascens', y 'Harrar' el más conocido y considerado como el mejor tipo comercial.

Meyer (26), en 1965 estableció trece tipos, diferenciándolos por la forma del fruto, porte de planta y por su condición de cultivados o silvestres, pero no les dió nombres varietales.

En 1964-65, una misión de la FAO integrada por Bolton, Fernie, Meyer, Mónamo y Narasimhaswamy visitó el S.O. de Etiopía, colectando 621 ejemplares de Coffea arabica. Para efectos de diferenciación usaron como caracteres color de las hojas nuevas; tamaño y forma de las hojas; tamaño,

forma, color, apariencia del disco y presencia de cáliz en el fruto; forma y normalidad de semillas; y presencia de roya (17). Según Fernie (16) la misión FAO no estableció de manera positiva la evidencia de que Coffea arabica L. fuera nativo de Etiopía; hizo evidente, sin embargo, que es la única especie de Coffea allí existente.

En 1966 una misión de ORSTOM visitó Etiopía, haciendo 70 colecciones entre los cafés silvestres, semi silvestres y cultivados para estudiar posteriormente su comportamiento en condiciones de baja altitud. Los trabajos realizados en Camerun, Madagascar y Costa de Marfil con las introducciones hechas por esta misión, condujeron a un reagrupamiento de dichas introducciones según sus orígenes geográficos. Estos estudios se hicieron basándose en características vegetativas y reproductivas, comportamiento con respecto a plagas y enfermedades, análisis de caracteres cuantitativos y cualitativos y estudio de las descendencias (12).

Estudiando las introducciones de Archer, Sylvain, Lejeune y Bechtel existentes en la colección de Turrialba, León (22), basándose en la morfología de las plantas, reúne dichos tipos en cuatro grupos: 1) Kaffa, 2) Semirecta, 3) Tafari-Kela y 4) Geisha.

Crozco y Marín (33) en Chinchiná, Colombia, estudiaron 25 selecciones de origen etíope comparándolas con el cultivar 'Bourbon' por medio de medidas efectuadas en el tronco, ramas, hojas y frutos.

## 1.2 Variabilidad Genética de los Cafés Etíopes.

Conocida la estrecha base genética de las poblaciones cultivadas de Coffea arabica L., los programas de mejoramiento genético han procedido a la introducción de nuevos materiales para ampliar dicha base, tratando

do principalmente de aumentar la productividad y la resistencia a enfermedades y plagas. Los estudios genéticos y morfológicos de diferentes introducciones etíopes han demostrado la gran variabilidad del café existente en esa región, confirmando su potencial como fuente de material para el mejoramiento de los cultivares comerciales.

Anderson (1), basándose en datos recogidos por Rouk en cafés silvestres del bosque Buda Buna cerca de Jimma, y usando características del fruto como tamaño y patrón de maduración estableció mediante "scatter diagrams", dos grandes complejos de cafés etíopes: 1) con fruto achatado, rojo-oscuro, disco pequeño y extremo distal acuminado y 2) con fruto pequeño, redondeado, rojo-anaranjado y disco grande.

Carvalho (10) en 1959, verificó la presencia en los cafés etíopes de alelos característicos de variedades ya conocidas. Notó otras características como semierecta, cáliz semipersistente y macrocarpa. Respecto al color del brote, Charrier (12) observó que en el material colectado por la misión FAO prevalece el alelo Brote Bronceado (Br) mientras que en el de la misión ORSTOM prevalece el Brote Verde (br); opina que las descendencias estudiadas están lejos de ser homocigotas para los caracteres observados. Los estudios sobre productividad efectuados en Campinas, Brasil (11) y en Chinchiná, Colombia (9), muestran la gran variabilidad de los cafés etíopes tanto en la productividad como en la dispersión de la cosecha.

Romero y Mónaco (37), mediante la determinación de flavonoides, estudiaron las relaciones genéticas entre algunos cultivares de Coffea arabica L., entre los que había algunos etíopes. Trece de los flavonoides

identificados fueron comunes a todos los cultivares, y cuatro ocurrieron solamente en los oriundos de Etiopía.

Quizás los trabajos que han revelado mayor variabilidad dentro de los cafés etíopes han sido los realizados buscando resistencia a la roya (Hemileia spp.). Cramer visitó Etiopía en 1928 notando la existencia, en plantaciones infestadas, de plantas vigorosas y libres de roya de las cuales cogió semilla que envió a Java, en donde al parecer mostraron buen comportamiento en baja altitud y en tolerancia a la roya (15). Taschdjian (45) también observó en Etiopía en 1934, que habían diversos grados de susceptibilidad a la roya. Los materiales de Etiopía han servido para definir los grupos fisiológicos de reacción a la roya:  $\beta, \alpha$ , C,  $\gamma$ , J, L, I y W, lo cual comprueba la gran variabilidad existente en los cafés etíopes (36).

La mayoría de las introducciones de cafés de Etiopía son grupos heterogéneos formados por diferentes tipos. Esto puede atribuirse a mezclas mecánicas o deberse a segregaciones de las poblaciones de las que se tomó la semilla, por lo que se hace necesario un sistema de agrupamiento que permita establecer grupos homogéneos, para de esta manera iniciar el mejoramiento partiendo de material más uniforme.

En la colección de café del CATIE existen 488 selecciones de cafés etíopes colectados por una misión de la FAO en 1964-65; estas selecciones, en opinión de los colectores, representan una mayor variabilidad genética que la observada hasta esa fecha dentro del material colectado anteriormente en Etiopía. Dado el potencial económico que estas introducciones representan, el cual hasta la fecha no ha sido evaluado, se planeó es-

te trabajo preliminar pretendiendo alcanzar los siguientes objetivos:

- 1) Determinar algunas características morfológicas, y sus relaciones entre sí, con suficiente poder discriminatorio para hacer diferencias entre introducciones.
- 2) Establecer mediante análisis estadísticos y representaciones gráficas de dichas características, agrupaciones naturales en las introducciones bajo estudio.

## 2. MATERIALES Y METODOS

### 2.1 Area de Estudio.

El trabajo se realizó en la colección de café del CATIE, con las introducciones colectadas por la misión FAO incluidas en la parcela denominada "Selecciones de Etiopía", introducidas en 1965. La colección se encuentra a una altitud de 645 m, con temperatura media de 22,2°C; precipitación media de 2.673,8 mm en 251 días anuales de lluvia; humedad relativa promedio de 87%; brillo solar de 1.651,3 horas anuales; evaporación promedio diaria de 3,99 mm, y radiación promedio diaria de 423,7 Ly. Los suelos son aluviales, de topografía plana, con abundante material grueso y piedras, y con drenaje moderado a deficiente. Son de textura franco arcillosa a arcillosa, pH ácido (5.3), de fertilidad mediana a baja.

### 2.2 Material Vegetal.

Se estudiaron 49 introducciones de las 488 colectadas por la misión FAO (Cuadro 1). De cada introducción se escogieron 3 plantas, las cuales se compararon con cuatro de 'Bourbon Rojo' y 10 de 'Typica'.

### 2.3 Descriptores.

La descripción sistemática de un cultivo permite caracterizar o clasificar cultivares o líneas genéticas, diferenciar o identificar introducciones similares o con ciertas características deseables, establecer relaciones entre características de grupos de cultivares, y estimar la variación dentro de esos grupos. Esto se logra mediante descriptores, términos descriptivos que expresan elementos de información, los cuales pueden referirse a características morfológicas, genéticas, fisiológicas,

Cuadro 1. INTRODUCCIONES ETIOPIES COLECTADAS POR LA MISION FAO Y USADAS EN EL ESTUDIO.

No. de Turrialba	No. FAO	Procedencia	Altitud (m)	Procedimiento para coleccion
4483	E-305	Doyo (Kaffa-Jimma)	1.770	de una sola planta
4486	E-308	" "	" "	" "
4497	E-67	Sedecha Norte Jimma (Kaffa-Jimma)	1.610	" "
4507	E-56	Bada Buna (Kaffa-Jimma)	1.750	" "
4514	E-72	" "	" "	muestra al azar
4515	E-39	Chochi (Kaffa-Jimma)	1.680	" "
4521	E-318	Saredo (Kaffa-Jimma)	1.720	de una sola planta
4530	-278	Kossa Kabenna (Kaffa-Jimma)	?	muestra al azar
4542	E-296	Norte Ghembi (Kaffa-Jimma)	?	de una sola planta
4555	E-482	Norte Ghembi (Kaffa-Jimma)	?	" "
4568	E-134	Gera (Illubabor)	2.040	muestra al azar
4581	E-158	" "	" "	de una sola planta
4594	E-336	Gera (Kaffa-Jimma)	" "	" "
4611	E-88	5 km. Norte Afallo (Kaffa-Jimma)	1.900	muestra al azar
4623	E-125	Tui (Kaffa-Jimma)	1.530 a 1.830	" "

(continúa)

(Cuadro 1. Continuación)

No. de Turrialba	No. FAO	Procedencia	Altitud (m)	Procedimiento para colección.
4624	E-126	Gorei (Kaffa-Jimma)	1,770	muestra al azar
4631	E-358	Entre Gera y Afallo (Illubabor)	1,900	de una sola planta
4634	E-361	Entre Gera y Afallo (Illubabor)	"	"
4638	E-365	Entre Gera y Afallo (Illubabor)	"	"
4640	E-367	Entre Gera y Afallo (Illubabor)	"	"
4643	E-370	Entre Gera y Afallo (Illubabor)	"	"
4650	E-131	Ota (Kaffa-Jimma)	1,800	"
4652	E-133	"	"	"
4656	E-404	"	"	"
4678	E-164	Cossa (Kaffa-Jimma)	?	"
4700	E-312	S.O. Suntu (Kaffa-Jimma)	1,710	"
4707	E-183	Entre Agaro y Gera (Kaffa-Jimma)	1,800 a 2,000	"
4717	E-194	Cerca de Teppi (Illubabor)	1,200 a 1,320	"

(continúa)

(Cuadro 1. Continuación)

No. de Turrialba	No. FAO	Procedencia	Altitud (m)	Procedimiento para colección,
4759	E-238	Aleta Wondo Cola (Sidamo)	?	muestra al azar
4769	E-265	Balt (Kaffa-Jimma)	?	" "
4783	E-376	5 km. N. Afallo (Kaffa-Jimma)	1.900	de una sola planta
4788	E-389	" "	"	" "
4794	E-379	Entre Gera y Afallo (Kaffa-Jimma)	"	" "
4820	E-420	Ciudad de Bonga (Kaffa-Jimma)	1.800	" "
4846	E-446	8 km. E. Teppi (Illubabor)	?	" "
4854	E-454	Ca. 10 km. S.E. Teppi (Illubabor)	1.200	" "
4888	E-521	Tunteta (Kaffa-Jimma)	1.620	" "
4895	E-527	Entre Bonga y Wush (Kaffa-Jimma)	1.600a	" "
4899	E-530	Entre Bonga y Wush (Kaffa-Jimma)	1.790	" "
4901	E-532	Entre Bonga y Wush (Kaffa-Jimma)	1.690a	" "
4908	E-539	Entre Bonga y Wush (Kaffa-Jimma)	1.790	" "
4917	E-548	Plantación Wush Wush (Kaffa-Jimma)	1.790	" "
			1.920	" "

(continúa)

(Cuadro 1. Continuación)

No. de Turrialba	No. FAO	Procedencia	Altitud (m)	Procedimiento para colección,
4925	F-557	Zeghie (Gojjiam)	1.780	de una sola planta
4930	E-562	" "	" "	" "
4934	E-566	" "	" "	" "
4940	E-572	" "	" "	" "
4943	E-575	Bahar Dar (Gojjiam)	" "	" "
4952	E-20	Dilla (Sidamo)	1.550	muestra al azar
4958	E-576	Bahar Dar (Gojjiam)	1.780	de una sola planta

FUENTES: MEYER, F. G. (41) y SYLVAIN, P. G. y CORDOVA, J. J. (42)

agronómicas y otras.

A pesar de que en la literatura de Coffea arabica L. existe una buena cantidad de trabajos relacionados con descripciones de variedades y cultivares, no se cuenta con una lista de descriptores estandarizados que permita una identificación de las variedades o cultivares. De una lista de descriptores (Cuadro 2) y de información ya publicada, se escogieron los descriptores siguientes:

- a. Número de nudos por 100 cm de rama ortotrópica  $\frac{N \times 100}{L}$ : N es el número de nudos de la rama y L es su longitud (34).
- b. Angulo formado por la rama plagiotrópica con la ortotrópica, en los últimos crecimientos que no hayan fructificado.
- c. Longitud de las ramas plagiotrópicas de la parte media de la rama ortotrópica.
- d. Número de nudos por 100 cm de rama plagiotrópica  $\frac{N \times 100}{L}$ : N es el número de nudos de la rama y L su longitud (34).
- e. Longitud del limbo de la hoja.
- f. Longitud del pecíolo.
- g. Forma de la hoja, determinada por la anchura a partir de la nervadura principal expresada como porcentaje de la longitud; la anchura se mide desde la base hacia el ápice a 12,5, 25,0, 37,5, 50,0, 62,5, 75,0 y 87,5 centésimas de la longitud:  $\frac{A \times 100}{LL}$ ; A es la anchura a determinado número de centésimas de longitud y LL es la longitud del limbo (Figura 1) (25).
- h. Color de hojas nuevas, determinado con el Methuen Handbook of colour (20).

Cuadro 2. LISTA DE DESCRIPTORES ESTABLECIDOS PARA Coffea arabica\*

---

1. GENERAL

---

- 1.1 Número de introducción.
- 1.2 Nombre varietal
- 1.3 Origen genético
- 1.4 Localización:
  - 1.4.1 país
  - 1.4.2 departamento o provincia
  - 1.4.3 sitio: estación experimental, finca, campo, bosque
  - 1.4.4 altitud m,
  - 1.4.5 latitud
  - 1.4.6 longitud
  - 1.4.7 tipo de vegetación: original, secundaria,
  - 1.4.8 tamaño de población: abundante, frecuente, rara
- 1.5 Nombre del colector
- 1.6 Fecha de colección
- 1.7 Número de PI
- 1.8 Fecha de entrada
- 1.9 Localización en la colección: bloque, hilera, número de plantas, fecha de siembra

---

2. DESCRIPTORES DE PLANTAS

---

- 2.1 Patrón de entrenudos en ramas verticales

(continúa)

\* Estandar para comparaciones morfológicas y genéticas:  
'Typica' Cramer.

## (Cuadro 2. continuación)

- 
- 2.2 Angulo de inserción de las ramas laterales en el 14 - 16 nudo desde la cima
- 2.3 Forma de la hoja: muy estrechamente elíptica , angosta , elíptica , lanceolada
- 2.4 Color de hojas nuevas: verde claro , bronce claro , bronce-oscuro , cobre
- 2.5 Número de flores en la mitad del nudo
- 2.6 Diámetro de la flor mm
- 2.7 Fruto de forma elipsoidal (estandar), elipsoidal-puntiagudo, esferoidal
- 2.8 Longitud de fruto mm
- 2.9 Número de frutos por nudo
- 2.10 Color de fruto: rojo , amarillo , rojo con rayas longitudinales amarillas
- 2.11 Sépalos persistentes: si , no
- 2.12 Forma de la semilla (perfil del lado plano): elíptica , estrechamente elíptica , redonda
- 2.13 Longitud de semilla mm
- 2.14 Porcentaje de frutos con una semilla vana.
- 1.15 Porcentaje de frutos normales , caracolillo , otros
- 2.16 Color de endosperma: verduzco , amarillo
- 2.17 Tipo de fisura central: simple , doble , recta , forma de s
- 2.18 Peso de 100 semillas al 11% de humedad g
- 2.19 Relación peso seco a peso fresco al 11%,
- 

(continúa)

Cuadro 2. continuación)

---

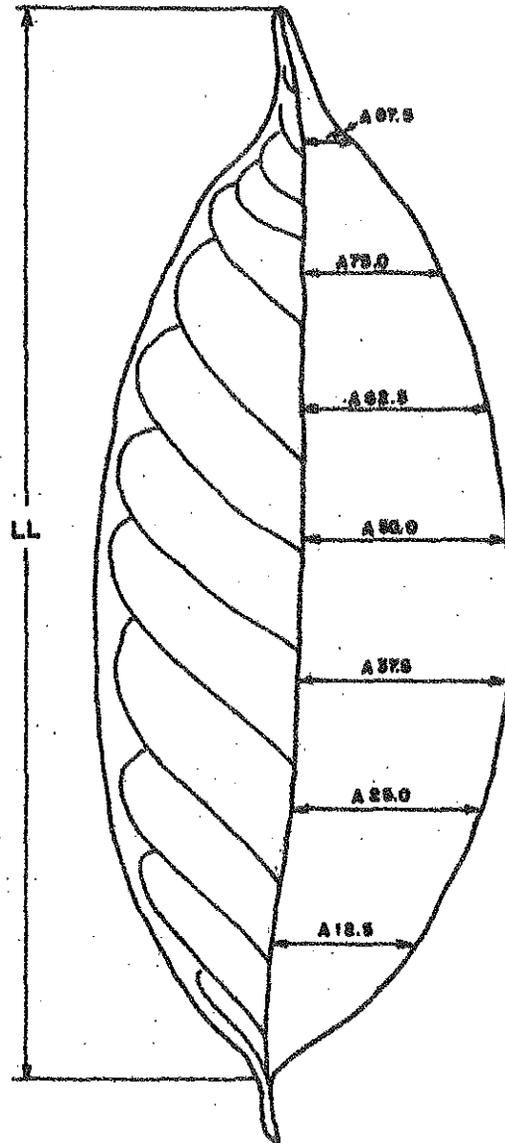
2.20 Días entre floración y cosecha

2.21 Resistencia a razas de roya (Hemileia vastatrix)

2.22 Resistencia a CBD expresada en la escala Ruiru

2.23 Resistencia a otras plagas y enfermedades

---



**Fig.1** Medidas tomadas para determinar la forma de la hoja

LL = Longitud del limbo, A = anchura a 12.5, 25.0, 37.5, 50.0, 62.5, 75.0 y 87.5 porcientos de la longitud del limbo

- i. Número de flores en la mitad de un nudo (axila foliar izquierda), en cuatro ramas plagiotrópicas de la parte media a superior de la planta.
- j. Longitud de fruto.
- k. Anchura de fruto.
- l. Espesor de fruto.
- m. Diámetro del disco del fruto (33)
- n. Longitud/anchura (33)
- ñ. Anchura/diámetro de disco (33)
- o. Presencia en el fruto de rayas longitudinales amarillas, durante la maduración.
- p. Presencia de sépalos persistentes en el fruto.
- q. Fruto mamiforme en el extremo distal, antes de la maduración.
- r. Peso de 100 frutos maduros.
- s. Número de frutos por axila (las mismas en que se determinó la floración).
- t. Porcentaje de flores que forman frutos.
- u. Duración del período de maduración del fruto.
- v. Patrón de cambio en la coloración del fruto durante la maduración, determinado con el Methuen Handbook of Colour.
- w. Días desde la floración hasta la maduración.

Las determinaciones de la longitud y número de nudos de las ramas plagiotrópicas en cada planta, se hicieron en las ramas ubicadas en los nudos 15, 16 y 17, contados desde el ápice de la rama ortotrópica. Las medidas de las hojas se efectuaron sobre 16 hojas tomadas de los nudos 4 y 5, contados desde el ápice de las ramas plagiotrópicas ubicadas en la parte media superior de la planta. Se midieron 10 frutos maduros

al azar de la cosecha de cada planta.

El tamaño de muestra (n) requerido se determinó mediante la fórmula  $N = \left( \frac{2.0}{0.05\mu} \right)^2$  usada por Srinivasan (40).

#### 2.4 Análisis Estadístico.

El conjunto de descriptores se analizó por el método de análisis factorial en componentes principales; básicamente este es un método de ordenamiento y puede utilizarse para reducir el número de descriptores por unidad taxonómica a aquellos descriptores que producen mayor variación entre unidades.

Se utilizan dos procedimientos básicos en el análisis: en primer término se calcula la matriz de correlación entre los descriptores de la unidad taxonómica, lo cual equivale a ponderar los descriptores originales por los inversos de sus desviaciones estandar y luego a calcular la matriz de covarianza de los descriptores ponderados. En segundo término, se calculan los valores propios de la matriz de correlación y luego, para cada valor propio, se calcula los vectores propios de la matriz. En general valores y vectores propios son valores y vectores de la matriz que no son afectados por transformaciones en la misma y que facilitan la identificación y agrupamiento de descriptores que aportan mayor variación de la varianza total de las unidades taxonómicas. Estos grupos se denominan componentes principales o factores.

Para determinar la importancia ("peso") de cada descriptor dentro del factor, se calcula la correlación entre los descriptores y los factores comunes en función de los valores y vectores propios de la matriz de correlación inicial.

El análisis de esta correlación se efectúa en función del signo y valor del coeficiente de correlación entre el factor con los descriptores originales; así, un valor de (.80) entre un factor (i.e. factor principal I) y un descriptor  $X_j$  nos indicará la importancia, expresada por la magnitud del coeficiente, de ese descriptor dentro del factor en general, comparado con todas las variables o descriptores.

Complementariamente el grado de importancia de un descriptor medido por esa variación puede determinarse en función del valor de esa varianza común con los factores seleccionados; este concepto se denomina comunalidad, así un valor de (.80) para un descriptor significará que el 80% de varianza es compartida con los factores principales o factores de selección (2).

Como se explicó anteriormente, en el presente trabajo se utilizaron los dos conceptos anteriores para reducir un número considerable de descriptores originales a un conjunto menor de factores comunes que agrupan los descriptores, que contribuyen a la mayor variación entre las unidades taxonómicas, y por lo tanto a facilitar cualquier sistema clasificatorio.

Para la comparación entre las unidades taxonómicas, una vez definidos los descriptores más importantes, se hizo un análisis de variación considerándose como fuente de variación las unidades taxonómicas.

El modelo del análisis fue el siguiente:

$$Y_{ij} = u + T_i + E_{ij}$$

$Y_{ij}$  = descriptor seleccionado por el método de componente principal.

$T_i$  = unidad taxonómica.

$E_{ij}$  = error experimental.

$i$  =  $i$ -----t (unidad taxonómica)

$j$  =  $i$ -----n (repetición en la unidad taxonómica)

Las comparaciones se hicieron en base a pruebas de rango múltiple (DUNCAN) y por medio de gráficos entre los descriptores seleccionados.

### 3. RESULTADOS

En el Cuadro 3 se presentan las medias, desviaciones estandar y coeficientes de variabilidad de los descriptores estudiados.

Un resumen de la matriz R de correlaciones entre los descriptores con el propósito de incluir las correlaciones altamente significativas se muestra en el Cuadro 4, en el cual se destacan las correlaciones positivas entre los descriptores 25, 26, 27, 28, 29 y 30 que en conjunto determinan la forma de la hoja (Figura 1). En segundo lugar, aparecen las correlaciones entre los descriptores indicadores de la forma y tamaño del fruto 7, 8, 9 y 10. Los descriptores del tamaño del disco aparecen en tercer lugar, mostrando menores correlaciones entre sí.

En el Cuadro 5 se detallan las comunalidades estimadas para cada descriptor; la matriz M rotada de "pesos" de los 5 factores retenidos (correlaciones entre factores y descriptores originales); los aportes proporcionales a la varianza común de cada uno de los factores retenidos, y los porcentajes de varianza sucesivamente acumulados por los factores. Los 5 factores retenidos acumulan un 58,2% de la varianza total; los factores I, II y III explican el 20,4, 13,5 y 8,9%, respectivamente y son los que aparecen mejor definidos. Los factores IV y V explican el 8,4 y 7,0%, respectivamente. El resto de los factores tienen, independientemente, un aporte mínimo en la explicación de la varianza de los descriptores, por lo que no fueron tomados en cuenta. La varianza de los descriptores, 28, 27, 29, 26, 25 y 30 la explica en 0,975, 0,964, 0,941, 0,929, 0,861 y 0,842, respectivamente, el Factor I. En conjunto, estos

Cuadro 3. Valores medios, desviaciones estandar y coeficientes de variabilidad de los descriptores.

No.	D E S C R I P T O R E S	Media	Desviación estandar.	Coefficiente de variabilidad.
1	Flores por axila	6,13	2,02	33,06
2	Días de floración a maduración	221,85	26,88	12,12
3	Frutos por axila	2,09	1,19	56,89
4	Porcentaje de flores que forman frutos	35,98	19,33	53,74
5	Período de maduración (días)	51,99	13,53	26,02
6	Presencia de sépalos en el fruto	1,17	0,38	32,27
7	Fruto mamiforme antes de maduración	1,24	0,43	34,56
8	Longitud de fruto maduro (cm)	1,54	0,08	5,24
9	Anchura de fruto maduro (cm)	1,44	0,07	5,17
10	Espesor de fruto maduro (cm)	1,20	0,07	5,43
11	Diámetro de disco del fruto maduro (cm)	0,21	0,03	14,68
12	Anchura/diámetro de disco del fruto	6,89	0,94	13,61
13	Longitud/ancho de fruto	1,07	0,05	4,92
14	Peso de 100 frutos maduros	1,81	0,27	14,98
15	Presencia en el fruto de manchas longitudinales amarillas	1,11	0,31	28,25
16	1a. etapa del patrón de cambio de coloración en la maduración*	-----	-----	-----
17	2a. etapa del patrón de cambio de coloración en la maduración*	-----	-----	-----
18	3a. etapa del patrón de cambio de coloración en la maduración*	-----	-----	-----
19	Angulo de rama plagiotrópica con ortotrópica.	48,78	-----	-----
20	Nudos por metro de tallo ortotrópico	14,77	4,17	8,55
21	Longitud de rama plagiotrópica (cm)	71,95	3,19	21,58
22	Nudos por metro de rama plagiotrópica	23,74	9,08	12,62
23	Longitud del limbo de la hoja (cm)	13,51	3,82	16,09
24	Longitud del peñolo (cm)	1,06	0,94	6,92
25	Anchura de la hoja al 12,5% de su longitud** (%)	10,52	0,11	10,02
26	Anchura de la hoja al 25,0% de su longitud** (%)	15,77	1,24	11,78
27	Anchura de la hoja al 37,5% de su longitud** (%)	18,55	1,50	9,53
28	Anchura de la hoja al 50,0% de su longitud** (%)	19,40	1,48	7,99
29	Anchura de la hoja al 62,5% de su longitud** (%)	18,26	1,34	6,90
30	Anchura de la hoja al 75,0% de su longitud** (%)	14,37	1,22	6,70
31	Anchura de la hoja al 87,5% de su longitud** (%)	6,06	1,02	7,12
			0,90	14,86

\* Características cualitativas.

\*\* Se expresa en % de la longitud del limbo, midiendo un solo lado a partir de la nervadura principal y comenzando desde la base del limbo.

Cuadro 4. Matriz de correlaciones entre descriptores.

No.	DESCRIPTORES	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	24	25	26	27	28	29	30
2	Días de floración a maduración	1	-0,06	0,06	0,79	-0,15	-0,17	-0,03	-0,10	-0,21	-0,18	0,13	0,03	0,24	0,07	0,01	0,56	0,08	0,05	0,07
3	Frutos por axila		1	0,76	0,00	-0,08	-0,09	-0,08	0,02	-0,00	0,04	-0,03	-0,03	-0,07	-0,01	0,10	0,08	0,11	0,11	0,03
4	Porcentaje de flores que forman fruto			1	0,09	-0,14	-0,13	-0,11	-0,04	-0,02	-0,07	0,05	0,10	-0,02	-0,01	-0,03	0,02	0,05	0,02	0,02
5	Periodo de maduración (días)				1	0,01	-0,06	0,13	0,10	0,04	-0,09	0,16	0,16	0,36	0,06	0,05	0,10	0,01	-0,04	-0,04
6	Presencia de sépalos en el fruto					1	0,72	0,25	0,05	0,06	-0,18	0,21	0,21	-0,16	-0,17	-0,11	-0,10	-0,09	-0,14	-0,12
7	Fruto mamiforme antes de maduración						1	0,39	0,25	0,22	-0,24	0,36	0,36	-0,09	-0,11	-0,04	-0,03	-0,01	-0,02	-0,00
8	Longitud de fruto maduro (cm)							1	0,59	0,53	-0,06	0,29	-0,10	0,01	0,03	-0,01	-0,01	-0,01	-0,07	-0,15
9	Anchura de fruto maduro (cm)								1	0,86	0,29	0,07	0,07	0,05	0,20	0,28	0,25	0,24	0,22	0,17
10	Espesor de fruto maduro (ca)									1	0,31	0,02	0,02	0,08	0,07	0,11	0,07	0,05	0,05	0,03
11	Diámetro de disco del fruto maduro (cm)										1	-0,91	-0,91	-0,06	0,08	0,15	0,13	0,16	0,21	0,18
12	Anchura/diámetro de disco del fruto											1		0,09	0,02	-0,07	-0,06	-0,10	-0,14	-0,13
14	Longitud/ancho de fruto												1	0,09	0,08	0,09	0,05	0,05	0,07	0,07
24	Peso de 100 frutos maduros													1	0,02	-0,01	0,01	0,00	0,03	0,09
25	Anchura de la hoja al 12,5% de su longitud*														1	0,91	0,86	0,81	0,70	0,56
26	Anchura de la hoja al 25,0% de su longitud*															1	0,93	0,82	0,82	0,65
27	Anchura de la hoja al 37,5% de su longitud*																1	0,96	0,90	0,75
28	Anchura de la hoja al 50,0% de su longitud*																	1	0,95	0,81
29	Anchura de la hoja al 62,5% de su longitud*																		1	0,90
30	Anchura de la hoja al 75,0% de su longitud*																			1

\* Se expresa en porcentaje de la longitud del limbo, midiendo un solo lado a partir de la mercedura principal y comenzando desde la base del limbo.

Cuadro 5. Matriz de "pesos" de factores (correlaciones factor-descriptor) para cada descriptor

D e s c r i p t o r e s	Comuna- lidad.	F a c t o r e s				
		I	II	III	IV	V
Factor I						
28 Anchura de la hoja al 50% de su longitud*	0,954	0,973	0,065	-0,035	-0,027	0,017
27 Anchura de la hoja al 37,5% de su longitud*	0,935	0,964	0,073	-0,021	0,004	0,018
29 Anchura de la hoja al 62,5% de su longitud*	0,904	0,941	0,067	-0,111	-0,019	0,048
26 Anchura de la hoja al 25% de su longitud*	0,879	0,929	0,113	-0,024	-0,042	0,007
25 Anchura de la hoja al 12,5% de su longitud*	0,748	0,861	0,047	-0,027	0,049	-0,043
30 Anchura de la hoja al 75% de su longitud*	0,740	0,842	0,015	-0,168	0,050	0,008
Factor II						
9 Anchura de fruto maduro	0,828	0,197	0,885	0,024	-0,018	0,066
10 Espesor de fruto maduro	0,782	0,007	0,880	-0,026	-0,055	0,068
14 Peso de 100 frutos maduros	0,547	0,029	0,722	-0,073	0,117	-0,076
8 Longitud de fruto maduro	0,543	-0,048	0,535	0,491	-0,045	-0,111
Factor III						
12 Anchura/diámetro de disco, del fruto maduro	0,777	-0,023	-0,033	0,791	0,342	0,182
11 Diámetro de disco del fruto	0,830	0,081	0,372	-0,737	-0,347	-0,145
7 Fruto mamiforme antes de maduración	0,613	-0,008	0,313	0,694	-0,165	-0,078
Factor IV						
24 Longitud del peciolo	0,569	-0,004	0,150	0,164	0,720	-0,226
5 Período de maduración	0,373	0,012	0,120	0,058	0,592	0,068
2 Días de floración a maduración	0,361	0,093	-0,150	0,031	0,572	-0,037
Factor V						
4 % de flores que forman fruto	0,819	0,002	-0,028	-0,083	-0,213	0,884
3 Frutos por axila	0,774	0,074	-0,082	-0,066	0,155	0,847
Aporte proporcional del factor a la varianza común.		5,433	3,725	2,807	2,363	1,982
Varianza acumulada por los factores (%)		20,4	33,9	42,8	51,2	58,2

\* Se expresa en porcentaje de la longitud del limbo; tomando un solo lado, a partir de la nervadura principal y comenzando desde la base del limbo.

descriptores representan la forma de la hoja (Figura 2), por lo que al Factor I se le denominará Factor Forma de Hoja. El descriptor 28, con una comunalidad de 0,954, fué el mejor explicado por este factor.

El Factor II, caracterizado por los descriptores 9, 10, 14 y 8 explica el 0,885, 0,880, 0,722 y 0,535, respectivamente, de la varianza de estos descriptores, los cuales definen la forma y tamaño del fruto, por lo que el Factor II será identificado como Tamaño y Forma del Fruto. El descriptor mejor explicado por el Factor II es el 9, con una comunalidad de 0,828.

Los descriptores 12, 11 y 7 tienen explicado el 0,791, 0,737 y 0,694, respectivamente, de su varianza por el Factor III. Estos descriptores representan el tamaño del disco, por lo que este factor será llamado Tamaño de Disco. Con una comunalidad de 0,777 el descriptor 12 es el mejor explicado por este factor.

El Factor IV explica 0,720, 0,592 y 0,572 de la varianza de los descriptores 24, 5 y 2, respectivamente; aunque no es muy específico, parece indicar la duración del período de desarrollo del fruto. El descriptor 24 es el mejor explicado por el Factor IV, tiene una comunalidad de 0,569.

Los descriptores 4 y 3 representan productividad de la planta; el 0,884 y 0,847, respectivamente, de su varianza lo explica el Factor V, por lo que se le denominará Factor Productividad. Con una comunalidad de 0,819 el descriptor 4 es el mejor explicado por este factor.

El análisis de varianza de las introducciones, para cada uno de los descriptores mejor explicados por cada uno de los 5 factores retenidos (Cuadro 6), confirmó el poder discriminatorio de dichos descrip-

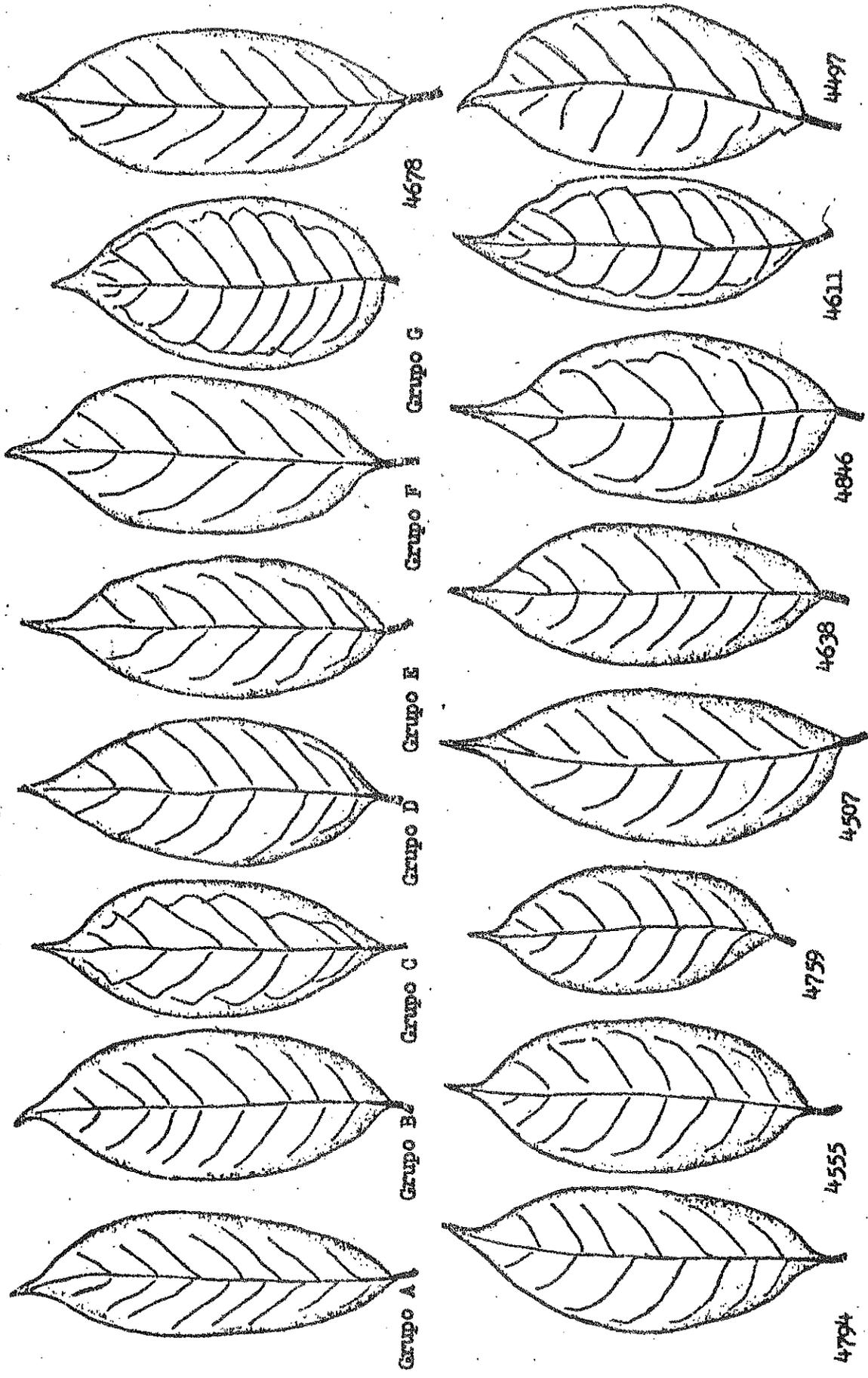


FIG. 2. Variabilidad de la Forma de la Hoja.

Cuadro 6. Análisis de varianza de los descriptores mejor explicados por cada uno de los factores retenidos.

No.	D e s c r i p t o r e s	Fuente de variación y grados de libertad			
		Introducción	G.L.	Error	G.L.
2	Días de floración a maduración del fruto.	C.M. 1.831,9587 F. 10,54**	48	173,8832	97
5	Período de maduración del fruto	C.M. 369,7084 F. 4,11**	48	89,8952	97
8	Longitud de fruto maduro	C.M. 0,0124 F. 3,54**	48	0,0035	97
9	Anchura de fruto maduro	C.M. 0,0105 F. 3,25**	48	0,0032	97
10	Espesor de fruto maduro	C.M. 0,0075 F. 2,82**	48	0,0027	97
11	Diámetro de disco del fruto maduro	C.M. 0,0020 F. 4,42**	48	0,0005	97
12	Anchura/diámetro de disco, del fruto	C.M. 1,8779 F. 4,81**	48	0,3907	97
24	Longitud del pesiolo de la hoja	C.M. 0,0221 F. 3,60**	48	0,0061	97
25	Anchura de la hoja al 12,5% de su longitud*	C.M. 3,5283 F. 6,48**	48	0,5449	97
26	Anchura de la hoja al 25,0% de su longitud*	C.M. 5,3253 F. 7,20**	48	0,7398	97
27	Anchura de la hoja al 37,5% de su longitud*	C.M. 4,8795 F. 5,64**	48	0,8650	97
28	Anchura de la hoja al 50,0% de su longitud*	C.M. 4,3559 F. 6,13**	48	0,7104	97
29	Anchura de la hoja al 62,5% de su longitud*	C.M. 3,3687 F. 4,17**	48	0,5511	97
30	Anchura de la hoja al 75,0% de su longitud*	C.M. 2,1058 F. 4,17**	48	0,5045	97

\* Se expresa en porcentaje de la longitud del limbo, midiendo un solo lado a partir de la nervadura principal y comenzando de la base del limbo.

tores, mostrando diferencias altamente significativas entre las introducciones, para cada uno de los descriptores utilizados.

Las Figuras 3 y 4 presentan un gráfico, en base a una prueba de Duncan (Cuadro 7), de la posición de cada introducción en relación a los descriptores 28, 9 y 12 que fueran los mejor explicados por los factores I, II y III, respectivamente. Mediante líneas se unen aquellas introducciones que son iguales para cada descriptor, de acuerdo a la prueba de Duncan. Aparecen 7 grupos bien delineados: el grupo A comprende las introducciones 4640 y 4783; el B la 4652, 4643, 4700, y 4908; el C la 4530, 4634, 4594, 4568, 4901, 4514, 4899 y *Typica*; el D la 4650, 4958, 4515, 4943, 4895, 4486, 4581, 4917, 4930, 4925, 4623 y 4940; el E la 4542, 4521, 4820, 4656, 4888; el F la 4934, 4707, 4483, 4717, 4854, 4624, 4788 y '*Bourbon*' y el G la 4952, 4631 y 4759. Las introducciones 4678, 4794, 4555, 4759, 4507, 4638, 4846, 4611 y 4497 aparecen aisladas mostrando diferencias debidas a alguno de los descriptores.

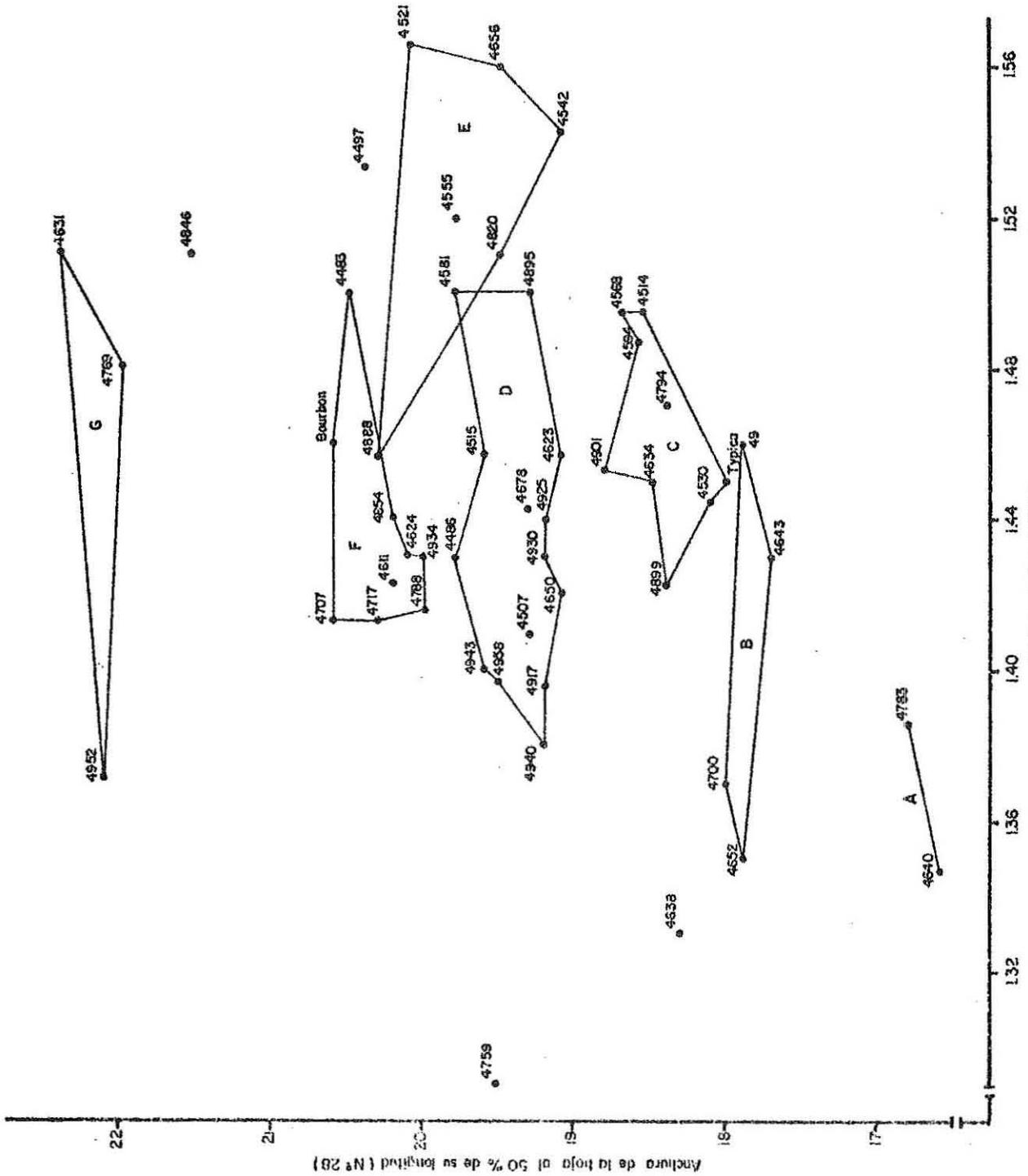
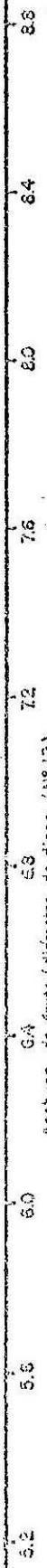
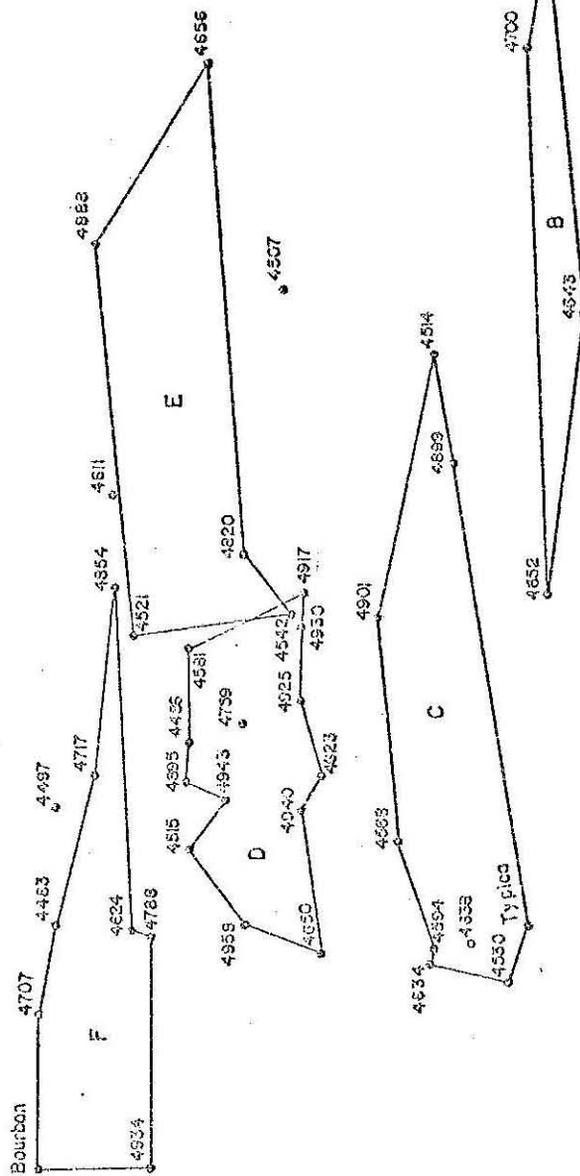
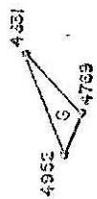


Fig. 3 Agrupamiento de las introducciones en relación a los descriptores 28 y 9



Anchura de fruto / diámetro de disco (Nº 12)

Fig. 4 Agrupamiento de las introducciones en relación a los descriptores 28 y 12

Anchura de hoja al 50% de su longitud (M 29)



#### 4. DISCUSION

##### 4.1 Descriptores.

Cuando se estudian nuevos materiales vegetales se debe contar con un conjunto de descriptores que los definan lo mejor posible y que expresen la amplitud de su variabilidad. En el presente trabajo se estudiaron aquellos descriptores que en la literatura se reportan con algún poder discriminatorio.

El resultado del análisis factorial en componentes principales, efectuado a los descriptores originalmente escogidos, mostró que la forma de la hoja definida, en función de la anchura como porcentaje de la longitud (Factor Forma de Hoja) (Figuras 1 y 2), fue el carácter con mayor poder diferencial. En la mayoría de los trabajos en que se ha usado la forma de la hoja como descriptor de Coffea arabica, se ha definido con la terminología clásica de la botánica morfológica, expresándola por similitud con figuras geométricas o en función de sus dimensiones en forma cualitativa (6, 10, 13, 14, 22, 26, 27, 31, 38, 46). La característica Índice de Hoja (Longitud/Anchura) fue usada por Krug, Mendes y Carvalho para diferenciar estadísticamente cultivares de Coffea arabica. Sylvain (43), comparando las determinaciones de Índice de Hoja hechas por Krug, Mendez y Carvalho en los cultivares 'Typica' y 'Bourbon' con las por él efectuadas en el tipo S.3-Jimma, concluyó que 'Bourbon' era más semejante a los cafés etíopes silvestres. Medidas de la longitud, anchura y ángulo basal de la hoja, han sido empleadas por Krug, Mendes y Carvalho (21) y Fournier (18) para diferenciar cultivares de Coffea arabica; por Sylvain (43) para demostrar la mayor semejanza del cultivar

'Bourbon' con los cafés etíopes espontáneos y, por Mónaco (29) para caracterizar tipos de cafés etíopes de acuerdo a su origen geográfico. Todos estos autores, a diferencia de Orozco y Marin (33), quienes obtuvieron coeficientes de discriminación muy bajos para estas características, encontraron diferencias significativas basadas en las mismas.

En otras especies se han hecho trabajos de diferenciación, usando únicamente características de la hoja. Burley, Wood y Hans (7) demostraron que 25 introducciones de Eucalyptus camaldulensis Dehn. diferían significativamente en la forma de la hoja, definida por el ángulo de la base y por la diferencia entre la anchura en la parte media y la desviación de la nervadura principal de una recta trazada del ápice a la inserción del pecíolo; esta característica representó un 36,6 de la variación total. Melville (25), usando la misma metodología empleada en el presente trabajo, demostró la existencia de híbridos en poblaciones de Ulmus procera Burley.

Con los descriptores Longitud de Fruto, Anchura de Fruto y Espesor de Fruto, que caracterizaron al factor Tamaño y Forma de Fruto, ha sucedido lo mismo que con el Factor Forma de Hoja, han sido definidos en forma cualitativa. Términos como fruto alargado, redondeado, esférico, elíptico y otros (6, 22, 38) son muy comunes en la literatura. Krug, Mendes y Carvalho (21) estudiando cultivares de Coffea arabica, aunque hicieron mediciones de estas características, las describen cualitativamente y muestran más inclinación a usar las mismas dimensiones en la semilla. Sylvain (43) usó medidas de la longitud y anchura del fruto, para caracterizar algunos tipos que colectara en Etiopía. En el trabajo de Rouk comentado por Anderson (1), se usaron medidas del fruto como longitud, diá-

metro máximo y diámetro en la parte más aguda, y al graficar la relación de la longitud del fruto y el diámetro del disco, encontró correlaciones negativas. En el presente trabajo se encontraron correlaciones negativas entre estos caracteres pero no fueron significativas. Mónaco (29), usó medidas de longitud, anchura y grosor del fruto para caracterizar tipos de cafés etíopes de acuerdo a su lugar de origen; aunque presenta las medias, desviaciones estandar, coeficientes de variabilidad e intervalos de confianza para cada lugar, no comenta si hubo similitud de acuerdo a los caracteres medidos. León y Fournier (23) estudiando los cambios de las dimensiones antes mencionadas, durante el desarrollo del fruto, en algunos cultivares de Coffea arabica, encontraron que diferían significativamente, especialmente en los dos últimos períodos de su desarrollo. En relación al descriptor Peso de 100 Frutos encontraron diferencias entre los cultivares 'Typica' y 'Bourbon'. El descriptor Longitud/anchura de fruto no mostró capacidad discriminatoria, esto fue confirmado por el trabajo de Orozco y Marín (33) quienes usaron esta característica para comparar cafés etíopes con cultivares 'Bourbon' encontrando que dicha característica, a pesar de ser poco variable, establecía diferencias de poca importancia.

Orozco y Marín (33), al calcular la probabilidad de clasificar erradamente una introducción, empleando ecuaciones discriminantes, concluyeron que, sólo las características Índice de Disco (anchura/diámetro de disco) y Angulo de Rama eran útiles para reducir esa probabilidad. Esto confirma la importancia del descriptor Anchura/Diámetro de Disco, que fuera el mejor explicado por el Factor Tamaño de Disco. Con este factor se da el caso de que el descriptor que es mejor explicado no presenta la

más alta comunalidad; esto se debe a que hay otros factores, además de los cinco retenidos, que contribuyen a explicar la varianza de este descriptor. En el trabajo de Rouk, comentado por Anderson (1), se mencionan los tipos de disco grande y pequeño, los cuales contribuyen a diferenciar los dos complejos de cafés etíopes por él establecidos. El descriptor Fruto Mamiforme, que se encuentra representado por el Factor Tamaño de Disco, también fue usado para establecer los dos complejos antes mencionados. Otros autores (22, 33) también han usado este carácter en forma cualitativa.

Los descriptores Período de Maduración y Días de Floración a Maduración tienen comunalidades bajas (0,36 y 0,57, respectivamente) lo que indica que otros factores, además de los cinco retenidos, intervienen en su explicación. Berthaud y Pernes (3), en su estudio de la variabilidad de las características cualitativas de los cafés etíopes colectados por la misión ORSTOM, emplearon estos descriptores en forma cualitativa, caracterizando las introducciones como "precoces", "normales" y "tardías". León y Fournier (23) encontraron diferencias entre algunos cultivares de Coffea arabica en la duración del período de desarrollo del fruto, a partir de la segunda etapa. Algunas de las introducciones incluidas en el estudio presentan dos períodos de producción espaciados por aproximadamente seis meses; dado el caso que sólo se tomaron datos de un período estos descriptores deberán tomarse con reserva.

El Factor Productividad caracterizado por los descriptores Porcentaje de Flores que Forman Fruto y Frutos por Axila, con comunalidades de 0,82 y 0,77, respectivamente, son de gran importancia por su papel como componentes del rendimiento. Srinivasan (41), al comparar plantas de

'134<sub>4</sub> Kaffa' y dos de sus descendencias con algunos cultivares comerciales de Coffea arabica, encontró que los primeros producían mayor número de flores por nudo y por glomérulo pero la cantidad de frutos a la maduración era baja, por lo que supuso que el alto número de flores no era determinante de rendimiento. Fournier (18), propuso la característica Nudos con 20 Flores al parecer con el propósito de describir la capacidad de producción de las plantas estudiadas.

Las medidas de forma de la planta, determinadas por características de las ramas ortotrópicas y plagiotrópicas (ángulo de inserción y número de nudos) que Berthou, Chaume y Pernes (4), en su estudio de la variabilidad de las características cuantitativas en cafés etíopes colectados por la misión ORSTOM, encontraron que retenían el 80% de la diferenciación, en el presente trabajo estuvieron explicados por el Factor VII, que por su poca contribución a la explicación de la variación total no fue tomado en cuenta.

El descriptor Angulo de la Rama Plagiotrópica con la Ortotrópica, que también se encuentra incluido en el Factor VII, fue para Orozco y Marín (33), junto con el descriptor Índice de Disco, uno de los que presentaban mayores probabilidades de clasificar adecuadamente una introducción cuando se empleaban ecuaciones discriminantes.

El descriptor Color de Hojas Nuevas, usado en la mayoría de las descripciones de variedades de Coffea arabica, mostró gran variación. Lo mismo sucedió con los descriptores del Patrón de Maduración y el de SÉ-palos Persistentes. Al parecer son muy afectados por condiciones ambientales.

#### 4.2 Agrupaciones.

Las diferencias altamente significativas obtenidas en los análisis de varianza de las introducciones para cada descriptor, confirman el poder diferencial de los descriptores explicados por cada uno de los cinco factores retenidos. Orozco y Marín (33), encontraron diferencias significativas entre introducciones de cafés etíopes y entre cultivares 'Bourbon', comparándolas en base a once medidas de tallos, ramas, hojas y frutos; con estas medidas caracterizaron cada una de las introducciones comparándolas entre sí, sin establecer ninguna agrupación.

Las gráficas de las relaciones entre los descriptores 28 y 9 (Figura 3), y 28 y 12 (Figura 4) para las introducciones estudiadas, en base a una prueba de Duncan, permitieron visualizar grupos homogéneos caracterizados por dichos descriptores. Al respecto, Anderson (1) comenta que Rouk, en base a características del fruto, estableció dos grupos de cafés etíopes. En este caso el autor le dio igual peso a las características, pero en el nuestro se demostró que unas tienen mayor poder diferencial. En el fruto, se encontró que la anchura era más discriminadora que la longitud, espesor y diámetro del disco. Carvalho, Mónaco y Scaranari (11) en base a estudios morfológicos de algunas introducciones de Etiopía, opinan que los tipos 'Harar', 'Gimma Tana', 'Ennarea', 'Tafari Kela', 'Agaro' y 'Gimma Mbuni' pueden constituir variedades. Berthou, Chaume y Pernes (4), en base a medidas cuantitativas de ramas ortotrópicas y plagiotrópicas, agruparon las introducciones etíopes por ellos estudiadas mostrando gráficamente su similaridad de acuerdo al origen geográfico; las gráficas de las diferentes medidas muestran

traslapes entre grupos de diferente procedencia, lo cual achacaron a una variabilidad secundaria. Mediante un dendrograma, Berthaud y Pernes (3), trabajando con el mismo material y basándose en medidas cualitativas, clasificaron las introducciones en 17 grupos, muchos de ellos con introducciones procedentes del mismo lugar, lo cual demuestra que existen diferencias entre las introducciones colectadas en la misma área.

Las gráficas de las introducciones etíopes en base a los descripciones 28 y 9 (Figura 3) y, 28 y 12 (Figura 4) y la localización de su lugar de origen (Cuadro 1), confirman lo encontrado por los autores antes mencionadas, en el sentido de que existen diferencias entre las introducciones del mismo origen geográfico. Puede notarse que, exceptuando el grupo D en el que algunas introducciones fueron colectadas cerca de la península de Zeghie (provincia de Gojjian), la introducción 4759 colectada cerca de Wondo (Sidamo) y la 4952 incluida en el grupo G colectada en Dilla (Sidamo), el resto de las introducciones proceden de las provincias de Kaffa e Illubador, en la parte que limita con Kaffa. Esta zona fue considerada por Mooney como la principal área de cafés silvestres y fue más ampliamente explorada por la misión de la ORSTOM (12) que por la de la FAO (17). Esta última exploró las mismas áreas donde colectara Sylvain (43) (Figura 5).

#### 4.3 Variabilidad.

La variabilidad de los cafés etíopes se observó desde el inicio de su comercialización, principalmente por las características del grano y por la calidad de la bebida. Los primeros tipos eran conocidos por los nombres de los lugares donde eran cultivados o recolectados (6, 38).

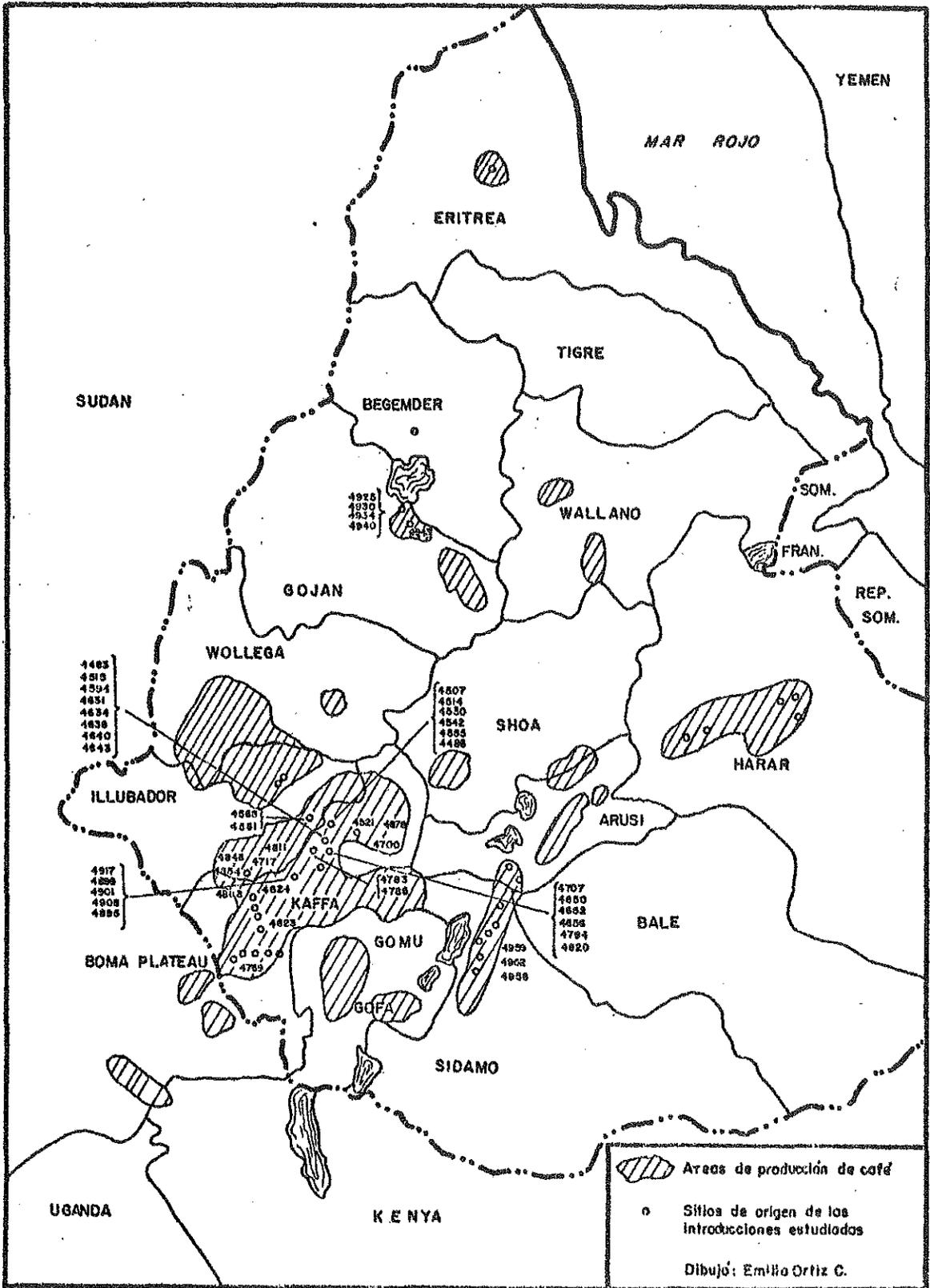


Fig.5 Etiopía. Areas de coleccion de la misión FAO en 1964-1965

Las pruebas de Duncan (Cuadro 7) muestran la gran cantidad de agrupaciones que podrían hacerse, las cuales no incluirían siempre las mismas introducciones. Los gráficos obtenidos entre los descriptores 28 y 9 (Figura 3) y, 28 y 12 (Figura 4) visualizan la relativa homogeneidad existente entre las introducciones. Los grupos definidos relacionando los tres descriptores simultáneamente y en base a las pruebas de Duncan, confirman lo anterior. Dichos grupos muestran en sus límites, similitudes para por lo menos dos descriptores; lo cual, considerando que se trabajó con una muestra de 49 introducciones tomadas de una población de 488, hace pensar que la semilla de estas introducciones fue tomada de plantas altamente alogámicas o heterocigotas. Las introducciones que no caen dentro de los grupos al parecer provienen de plantas homocigotas o altamente autogámicas.

La aparición, dentro de las poblaciones de cafés etíopes de alelos ya conocidos como Abyssinica (Ab), Typica (TT), Bourbon (tt), Purpurascens (pr), Semierecta (se), Erecta (Er), Cáliz Semipersistente, Macrocarpa, Bronce (Br), Verde (br) y Angustifolia (ag) ha sugerido la existencia de gran variabilidad (29, 30, 33), pudiendo haberse originado de material semejante a los cultivares Bourbon y Typica o que el material estudiado provenga de las mismas zonas donde se originaron estos cultivares y que allí se hayan dado las mismas mutaciones. Algunos autores opinan que la amplitud de la variabilidad de los cafés etíopes está determinada por el rango diferencial que presentan los cultivares 'Typica' y 'Bourbon'. Las Figuras 2 y 3 muestran que este rango es más amplio. Reynier, Pernes y Chaume (35), estudiando la diversidad de las descendencias de cafés etíopes colectados por la misión ORSTOM para catorce

caracteres morfológicos, encontraron una marcada variación para todos los caracteres debida a efectos de alogamia y heterocigosis. Con las mismas descendencias, Louar (24), en un estudio sobre la diversidad comparada de descendencias provenientes de polinización libre y auto polinizaciones, obtuvo los mismos resultados; sólo tres de las poblaciones estudiadas no mostraron diferencias entre las descendencias para ambos tipos de polinización.

Una buena cantidad de las introducciones etíopes manifiestan dos épocas de producción a intervalos de aproximadamente 6 meses; esto ha sido achacado por algunos autores (10, 11) al alelo *semperflorens* (sf). Comparando este comportamiento con el de la introducción *semperflorens* (sf) que se encuentra en la colección del CATIE, se notó que no se comportaban de la misma forma.

En un estudio preliminar de la susceptibilidad a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk y Br.) de algunas de las introducciones colectadas por la misión FAO, Bettencourt y López (5) detectaron los grupos  $\beta$  y  $\alpha$  que no habían sido encontrados en los cafés etíopes colectados anteriormente. Esto sumado a la investigación antes efectuada confirma la variabilidad existente en Etiopía en cuanto a resistencia a la roya.

## 5. CONCLUSIONES

1. Medidas de la anchura de la hoja tomadas en determinados puntos a lo largo del nervio central y expresadas como porcentajes de la longitud del limbo, tienen un alto valor para definir la forma de la hoja de manera confiable y constituyen un método menos variable que los usados corrientemente para caracterizar y diferenciar variedades.
2. La Anchura del Fruto y la relación Anchura de Fruto/Diámetro del Disco tienen baja variabilidad y pueden usarse también para distinguir variedades.
3. Los descriptores que definen la arquitectura de la planta: ángulo de ramificación, longitud de ramas plagiotrópicas y número de nudos por unidad de longitud de ramas plagiotrópicas y ortotrópicas mostraron un rango de variabilidad mucho menor que en la especie en general.
4. Los descriptores Forma de Hoja, Anchura de Fruto y Relación Anchura de Fruto/Diámetro de Disco, permitieron establecer agrupaciones fenotípicas de las introducciones estudiadas.

## 6. LITERATURA CITADA

1. ANDERSON, E. The analysis of variation in cultivated plants with special reference to introgression. *Euphytica* 10(1):79-86. 1961.
2. ARTIGUE, G. Componentes principales y análisis factorial. Su naturaleza y sus posibilidades en tipificación. *In* Reunión Técnica Sobre Tipificación de Empresas Agropecuarias. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Serie de Informes de Conferencias, cursos y reuniones no. 136. 1977. pp. 12-48.
3. BERTHAUD, J. y PERNES, J. Variabilité lue sur les variables quantitatives. Paris, IFCC. Bulletin no. 14. 1978. pp. 63-65.
4. BERTHOU, F., CHAUME, R. y PERNES, J. Variabilité lue sur les variables quantitatives. Paris, IFCC. Bulletin no. 14. 1978. pp. 57-62.
5. BETTENCOURT, A. J. y LOPES, J. Preliminary report on the coffee leaf rust (Hemileia vastatrix). *In* Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Coffee Mission to Ethiopia 1964-1965. Rome, 1968. pp. 124-140.
6. BRANZANTI, D. E. La coltura del caffè nel' Gimma. *L'Agricoltura Coloniale* 36(1):1-8. 1942.
7. BURLEY, J., WOOD, P. J. y HANS, A. S. Variation in leaf characteristics among provenances de Eucalyptus camaldulensis Dehn. grown in Zambia. *Australian Journal of Botany* 19(2):237-249. 1971.
8. CASTILLO, J. y PARRA, J. Exploración en el contenido de cafeína, grasas y sólidos solubles en 113 introducciones de café. *Cenicafé (Colombia)* 24(1):3-21. 1973.
9. \_\_\_\_\_. Producción y características de grano de germoplasma de café introducido a Colombia. *Cenicafé (Colombia)* 26(1): 3-27. 1975.
10. CARVALHO, A. Mutantes de Coffea arabica procedentes de Etiopía. *Bragantia (Brasil)* 18(25):353-371. 1959.
11. \_\_\_\_\_, MONACO, L. C. y SCARANARI, H. J. Variacao na produtividade de cafeeiros importados, com referencia especial ao material da Etiopia e do Sudao. *Bragantia (Brasil)* 21(13):215-239. 1962.

12. CHARRIER, A. Synthèse de neuf années d'observation et d'expérimentation sur les Coffea arabica collectés en Ethiopie para une mission ORSTOM. Paris, IFCC. Bulletin no. 14. 1978. pp. 4-10.
13. CHEVALIER, A. Les caféiers du globe. I. Généralités sur les caféiers. Paris, Paul Lechevalier, 1929. 196 p.
14. \_\_\_\_\_, Les caféiers du globe III. Systématique des cafeiers et faux-caféiers. Maladies et insectes nuisibles. Paris, Paul Lechevalier, 1947. 356 p.
15. CRAMER, P. J. S. A review of literature of Coffee research in Indonesia. Editado por F. Wellman. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Publicación Miscelánea no. 15. 1957. 262 p.
16. FERNIE, L. M. Programa de Fitomejoramiento del café en Africa del Este. Boletín de PROMECAFE (Costa Rica) no. 2. 1979. pp. 4-10.
17. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO coffee mission to Ethiopia 1964-1965. Rome, 1968. 200 p.
18. FOURNIER, L. A. Algunas características de importancia para la separación de los cultivares en Coffea arabica L. Turrialba (Costa Rica) 23(4):483-436. 1973.
19. HAARER, A. E. Economic species varieties and forms of coffee. World Crops 9(9):371-373,381. 1957.
20. KORNERUP, A. y WANSCHER, J. H. Methuen handbook of colour 3. ed. London, Eyre Methuen, 1978. 252 p.
21. KRUG, C. A., MENDES, J. E. T. y CARVALHO, A. Taxonomía de Coffea arabica L. Descriçao das variedades e formas encontradas no Estado de Sao Paulo. Instituto Agronómico, Campinas, Brasil. Boletim Técnico no. 62. 1939. 59 p.
22. LEON, J. Especies y cultivares (variedades) de café. Con especial referencia a los representados en la colección del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Materiales de Enseñanza de Café y Cacao no. 23. 1962. 69 p.
23. \_\_\_\_\_, y FOURNIER, L. Crecimiento y desarrollo del fruto de Coffea arabica L. Turrialba (Costa Rica) 12(2):66-74. 1962.
24. LOUAR N., J. Diversité comparée des descendances de Coffea arabica obtenues en autofécondation et enfécondation libre au Tonkoui. Paris. IFCC. Bulletin no. 14. 1978. pp. 75-78.

25. MELVILLE, R. The accurate definition of leaf shapes by rectangular coordinates. *Annals of Botany* 1(4):673-680. 1943.
26. MEYER, F. G. Notes on wild *Coffea arabica* from southwestern Ethiopia, with some historical considerations. *Economic Botany* 19(2):136-151. 1965.
27. \_\_\_\_\_. Further observations on the history and botany of the arabica coffee plant, *Coffea arabica* L. in Ethiopia. In Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO coffee Mission to Ethiopia 1964-1965. Rome, 1968. pp. 1-5.
28. MOENS, P. Investigaciones morfológicas, ecológicas y fisiológicas sobre cafetos. *Turrialba (Costa Rica)* 18(3):209-233. 1968.
29. MONACO, L. C. Considerations on the genetic variability of *Coffea arabica* populations in Ethiopia. In Food and Agriculture Organization of The United Nations. FAO Coffee Mission to Ethiopia 1964-1965. Rome, 1968. pp. 49-69.
30. MURTHY, A. R. Observation on tip leaf colour and branching habit in ethiopian arabica coffee collections. In Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO coffee Mission to Ethiopia 1964-1965. Rome, 1968. pp. 118-123.
31. NARASIMHASWAMY, R. R. Algunas ideas sobre el origen del *Coffea arabica* L. *Café (Costa Rica)* 4(12):1-7. 1962.
32. \_\_\_\_\_. Report on visit to coffee areas in Ethiopia 1964-1965. In Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Coffee Mission to Ethiopia 1964-1965. Rome, 1968. pp. 33-48.
33. OROZCO, F. J. y MARIN, N. M. Caracterización de selecciones de café etíope por medio de medidas biométricas. *Cenicafé (Colombia)* 23(2):20-60. 1972.
34. REFFYE, P. DE. La recherche de l'optimum en amélioration des plantes et son application á une descendance F1 de caféiers hybrides Arabusta. *Cafe Cacao The* 18(3):167-177. 1974.
35. REYNIER, J. F., PERNES, J. y CHAUME, R. Diversité observée sur les descendancees issues de pollinisation libre au Tonkouï. Paris. IFCC. Bulletin no. 14. 1978. pp. 69-74.
36. RODRIGUEZ Jr., C. J., BETTENCOURT, L. R. y RIJO, L. Razas del patógeno y resistencia a la roya del café. In Contribuciones del IICA al Conocimiento de la Roya del Cafeto. San José, Costa Rica, IICA, 1977. 32 p.

37. ROMERO L., C. y MONACO, L. C. Estudios de quimiotaxonomía en cultivares de Coffea arabica L.. Turrialba (Costa Rica) 27(1): 55-61. 1977.
38. SPALETTA, A. Il caffè nell' Abissinia. L' Agricoltura Coloniale 11:70-88. 1917.
39. SREENIVASAN, M. S. Screening for resistance to Hemileia vastatrix. B. et Br. in Coffea arabica collections from Ethiopia. Indian Coffee 34(9):235-238. 1970.
40. SRINIVASAN, C. S. Estimation of sample size for stem girth, leaf, fruit and bean measurements in coffee. Journal of Coffee Research 2(3):21-25. 1972.
41. \_\_\_\_\_. Studies on yield components in Coffea arabica L.; observations on flower clusters and fruit set in 134 S.12 Kaffa. Turrialba (Costa Rica) 22(1):27-29. 1972.
42. STRENCE, M. Von. Wild coffee in Kaffa province of Ethiopia. Tropical Agriculture (Trinidad) 33(4):297-301. 1958.
43. SYLVAIN, P. G. Some observations on Coffea arabica L. in Ethiopia. Turrialba (Costa Rica) 5(1-2):37-53. 1955.
44. \_\_\_\_\_, y CORDOVA, J. J. Lista de las introducciones de café del departamento de Fitotecnia y Suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1967. 96 p.
45. TASCHDJIAN, E. Identificazione fisiologica di differenti linee di Coffea arabica. Agricoltura Coloniale 28(8):428-431. 1934.
46. THOMAS, A. S. The wild arabica coffee on the Boma plateau, Anglo-Egyptian Sudan. The Empire Journal of Experimental Agriculture 10(40):207-212. 1942.
47. VISHVESHWARA, J. A. y AHMED, J. Variability in coffee. II. studies on flower number in species. Indian coffee, 39(9):268-273. 1975.