



PROMECAFE

I CURSO REGIONAL SOBRE TENDENCIAS Y DESARROLLOS DE LA CAFICULTURA MODERNA

MODULO II

**del 3 de Julio al 10 de Agosto de 1990
CATIE, TURRIALBA, COSTA RICA**



Clasificación Botánica del Cafeto con especial referencia al *Coffea Arabica* L.

Ing^o Alberto Sáenz Maroto
De la Sección de Cultivos

Taxonomía (Parte histórica).

Las primeras descripciones del cafeto aparecieron por ahí de 1591, por Rauwolf, Alpini, y otros botánicos europeos, como pertenecientes al género *Evonymus*; fam. Celastraceae.

Cerca de un siglo después el cafeto se consideró como una planta de jardín, y se clasificó por Commelin y Boerhave como perteneciente al género *Jasminun*, fam. Oleaceae. Por 1715, el botánico Jussieu se refirió al cafeto con el nombre de *Jasminun arabicum*.

Linneo en 1753 describió la única especie conocida del cafeto como *Coffea arabica* L. De aquí en adelante se han ido completando las clasificaciones y descripciones del cafeto en forma sistemática, y en forma cronológica por Lamarck (1783), Loureiro (1790).

De Candolle (1830), Richards (1834), Hiern (1876), Schuman (1891), Froehner (1897), Wildeman y Durand (1899), Chevalier (1903), Pierre, Wildeman y Chevalier (1908). En 1910 Wildeman ya describía 80 especies del género *Coffea* y Houk (1930) reconocía 120 especies.

Sistemática

Chevalier (1940) dió la clasificación final del cafeto, incluyendo sólo 60 especies para el género *Coffea*, bastante heterogéneas, y agrupadas en 4 Secciones a saber:

Sección I.—*Paracoffea*.

Sección II.—*Argocoffea*.

Sección III.—*Mascarocoffea*.

Sección IV.—*Eucoffea*.

Todas las especies de la Sección EUCOFFEA que nos interesan particularmente producen semillas que secas, tostadas y molidas dan por infusión una bebida conocida en el mundo por CAFE, variable en cafeína y aroma. De acuerdo con su valor en licor se establece en el mercado mundial una escala de valores económicos.

Costa Rica figura entre los países productores y beneficiadores del cafeto del mundo, que alcanza un porcentaje mayor por su excelente valor, licor, que llamamos calidad.

Estas razones explican el interés siempre en aumento de botánicos, genetistas, citólogos y agrónomos, en establecer con toda propiedad las características dominantes de la Sección EUCOFFEA.

La clasificación sistemática propuesta por Chevalier (en 1940), agrupa a los cafetos de la Sección Eucoffea en 5 sub-secciones, a saber:

Sub-sección 1. *Erythrocoffea* (grupo de cafetos *Arábica* y *Robusta*).

Sub-sección 2. *Pachycoffea* (grupo de cafetos *Liberica* y *Excellsa*).

Sub-sección 3. *Melanocoffea* (grupo de cafetos *Nunez*).

Sub-sección 4. *Nanocoffea* (grupo de cafetos anuales).

Sub-sección 5. *Mozambicoffea* (grupo de cafetos de Mozambique).

Un resumen de las 4 secciones del género *Coffea* se da en el cuadro I.

En el cuadro II se da la relación de las especies que componen al género.

En el cuadro III se agrupan las características de los cafetos de la Subsección de la Sección EUCOFFEA. Desde luego, vale la pena recordar ahora que la clasificación sistemática de 1940 fué variada por el mismo autor en 1942, por lo que en estos apuntes se pretende actualizarla, colocando a la Subsección Mozambicoffea (5) de la clasificación de 1940 a la categoría de SECCION (V) en la nueva clasificación de 1942, quedando la clasificación final del cafeto según el cuadro IV.

Distribución geográfica

La Sección IV, Eucoffea (Schum) Benth y Hook, comprende 20 especies con un gran número de sub-especies, y cuya distribución geográfica interesa conocer por sus nexos con la industria cafetera nacional, logrando así establecer el origen probable de nuestro cafeto de acuerdo con los sucesivos trasposos de las variedades del *C. arabica* L. y la variedad típica.

En el mapa I se da la distribución geográfica de las secciones del género Eucoffea (según Chevalier) (1940).

En el mapa II, se da la distribución geográfica de las sub-secciones de la Sección Eucoffea, del género *Coffea* (según Chevalier) (1940).

En el mapa III, se indica la distribución geográfica de las Especies del género *Coffea* (según Chevalier) (1940).

En el mapa IV, se nota la distribución geográfica de las especies de cafeto mejor conocidas.

Finalmente, en el mapa V, se muestra el origen probable de las variedades de *Coffea arabica* L. y sucesivas transferencias de la variedad típica.

Distribución geográfica de las 4 Secciones en que se encuentra dividido el género *Coffea*

Sección I.—PARACOFFEA Miquel.

Asia Tropical, Java, Madura, Flores, Madagascar, Bajas cadenas del Himalaya, Bengala, Sikkin, Assam, Alta Birmania, Siam, Sumatra, Travancore, Ceilán, Tenasserim y Chitangong (2). Tipificada por *C. bengalensis* Roxb de la India.

Sección II.—ARGOCOFFEA. Pierre & De Wildeman.

12 Especies. Africa Tropical Occidental.

Coffea subcordata Hiern. Camerón, Congo y Gabó (3).

" *Claessenii* Lebrun. Congo Belga, a lo largo del río Kasuku (Maniema) (3).

" *jasminoides* Weiw & Hiern. Congo, Gabó; desde Guinea Francesa hasta Angola (7).

" *pulchella* K. Schum. Congo, Gabó.

" *scandens* K. Schum. Camerón.

" *Afzelii* Hiern. Congo, Gabó.

" *ligustrifolia* Stapf. Africa Tropical Occidental.

" *nigerina* Chev. Alta Guinea Francesa: Kerfamouria, próxima a Kankan (7).

" *rupestris* Hiern. Golfo de Guinea.

" *nudiflora* Stapf. Africa Tropical Occidental.

" *melanocarpa* Welw & Hiern. Congo, Gabó.

go (7).

- " Thonneri Lebrun. Congo Belga, Región de Mongala y los lados del río Ituri y en Bengala hacia Likimi (3).

Sección III.—MASCAROCOFFEA.
Chev.

18 Especies. Originarias de Madagascar e islas mascareñas. (Mauricio, Reunión, Comoras).

1.—Sub-sección *Verae* Chev.

Coffea lancifolia Chev. Costa oriental de Madagascar: Massoala (5).

2.—Sub-sección *Mauritianae* Chev.

Coffea Humblotiana : Baill. Grande Comora (4,5).

" *mauritiana* Lamk. Mauricio, Reunión (5).

" *nossikumbaensis* Chev. Norte Madagascar: isla Nossi Koumba (5).

3.—Sub-sección *Multiflorae* Chev.

Coffea Gallienii Dubard. Norte Madagascar y costa occidental: montaña D'Ambre, común en los distritos de Suberbielle y en los valles de Ikopa y Betsiboka, etc. (4,5).

" *resinosa* (Hook. f) Radlk. Madagascar: costa oriental (5).

4.—Sub-sección *Sclerophyllae* Chev.

Coffea Bertrandi. Sur de Madagascar: colinas Androy (4,5).

5.—Sub-sección *Terminalis* Chev.

Coffea Boiviniana Drake. Madagas-

car: baña de Nigny (7).

" *buxifolia* Chev. Madagascar: declives occidentales, puerto de Ambatofagaha, cantón de Betafo (5).

" *Pervilleana* (Baill.) Drake. Madagascar: Nossi-Bé, Santa María de Madagascar (5).

" *Augagneuri* Dubard. Madagascar Norte: Montañas D'Ambre en el Pequeño Sakarany, puerto de La Esperanza (5).

" *Bonnieri* Dubard. Madagascar Norte: Montañas D'Ambre (4,5).

6.—Sub-sección *Brachysiphon* Dubard

Coffea Alleizetti Dubard. Madagascar: puerto de Anjozorobé (5).

" *Commersoniana* Chev. Madagascar: puerto de Fuerte Dauphin (5).

7.—Sub-sección *Macrocarpae* Chev.

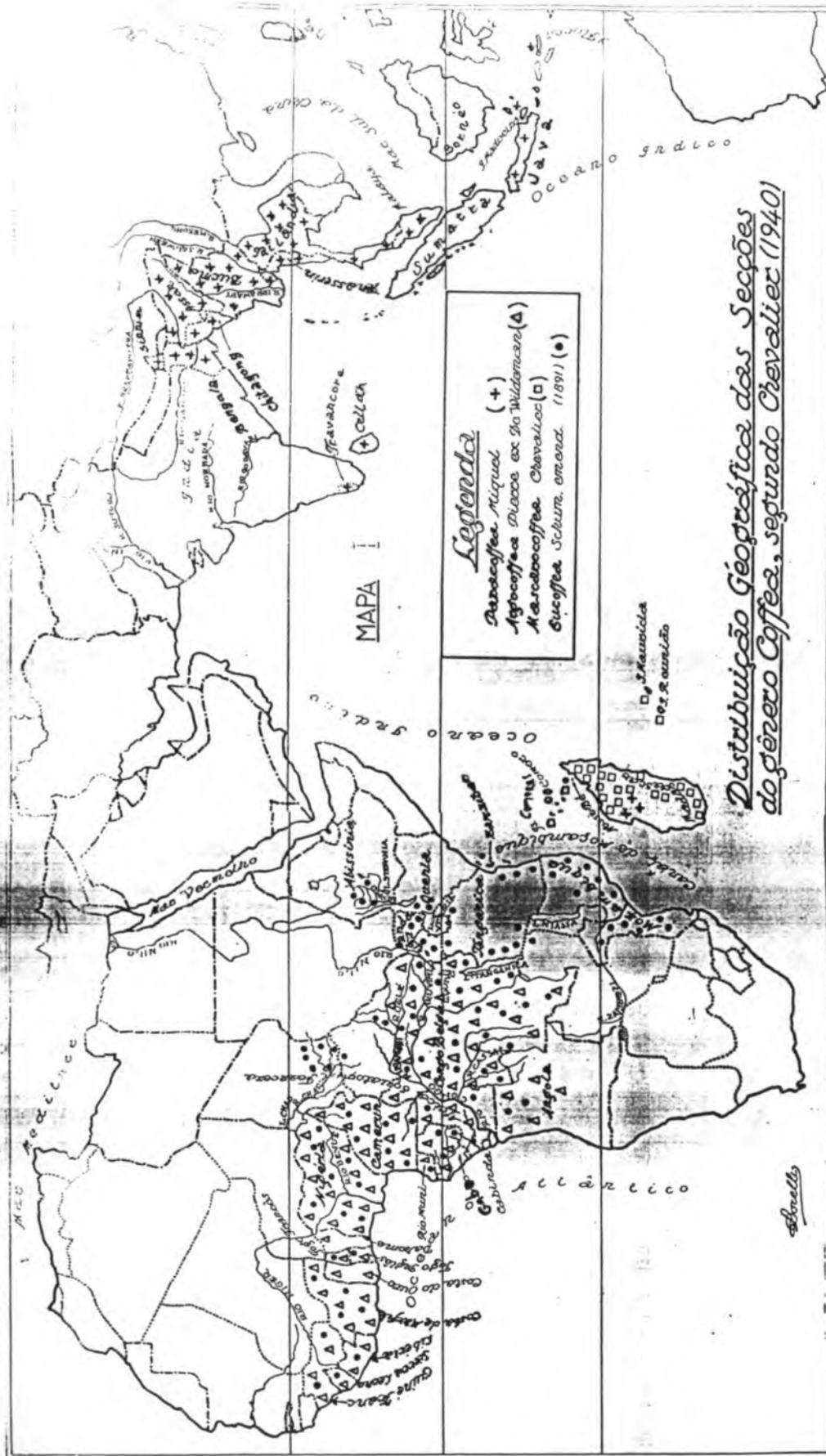
Coffea macrocarpa A. Rich. Mauricio, Reunión (5).

8.—Sub-sección *Garcinioides* Chev.

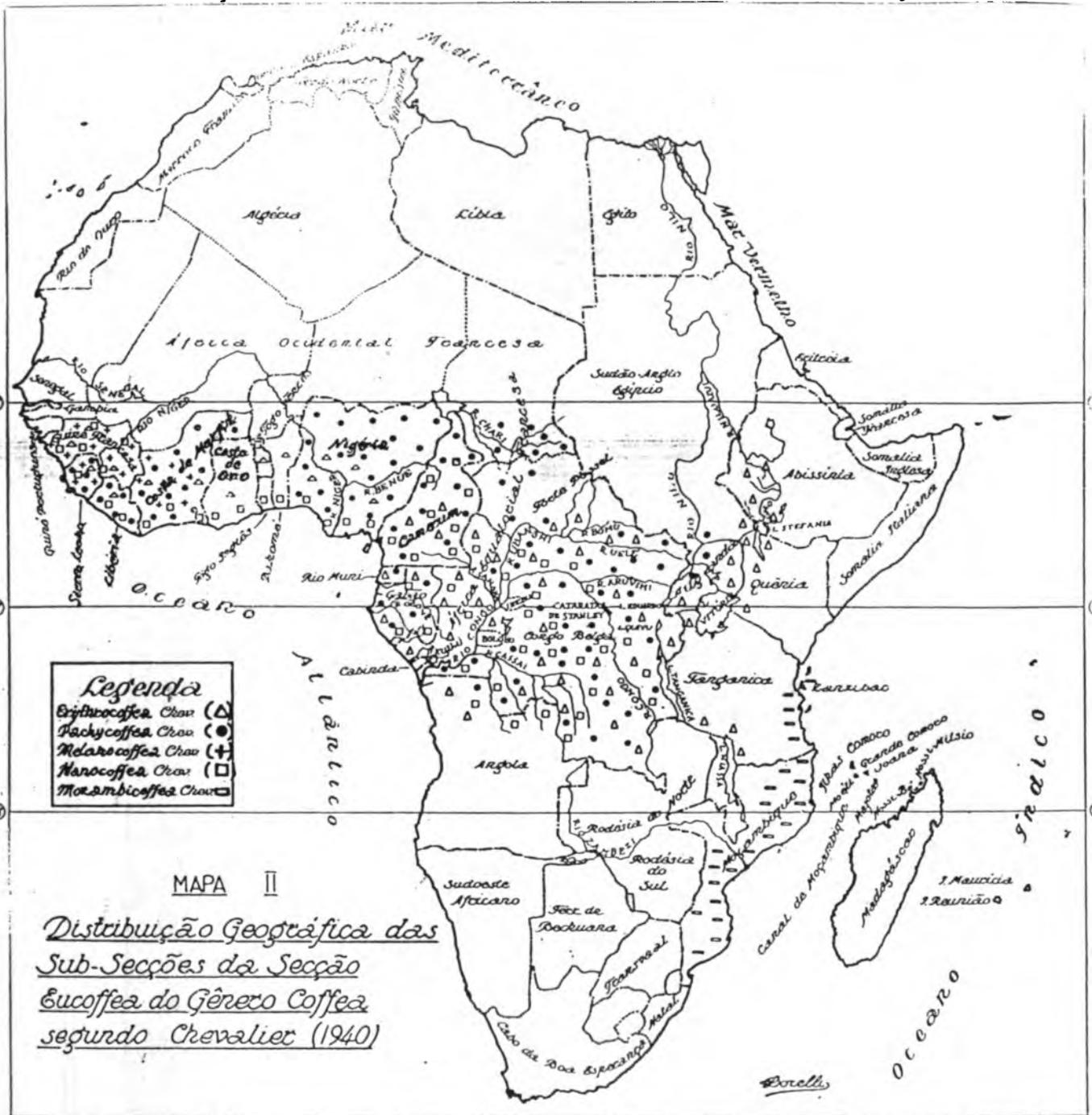
Coffea Mogeneti Dubard. Madagascar Norte: montañas D'Ambre (4,5).

" *tetragona* Jumelle & Perrier. Madagascar: al lado de Andramodavo, provincia de Analalava; macizo de Manongarivo (5).

" *Dubardi* Jumelle. Madagascar Norte: Montañas D'Ambre sobre los bordes de los Makys, provincia Diego Suárez; en la Analabé al Sur de Sambirano (4,5).

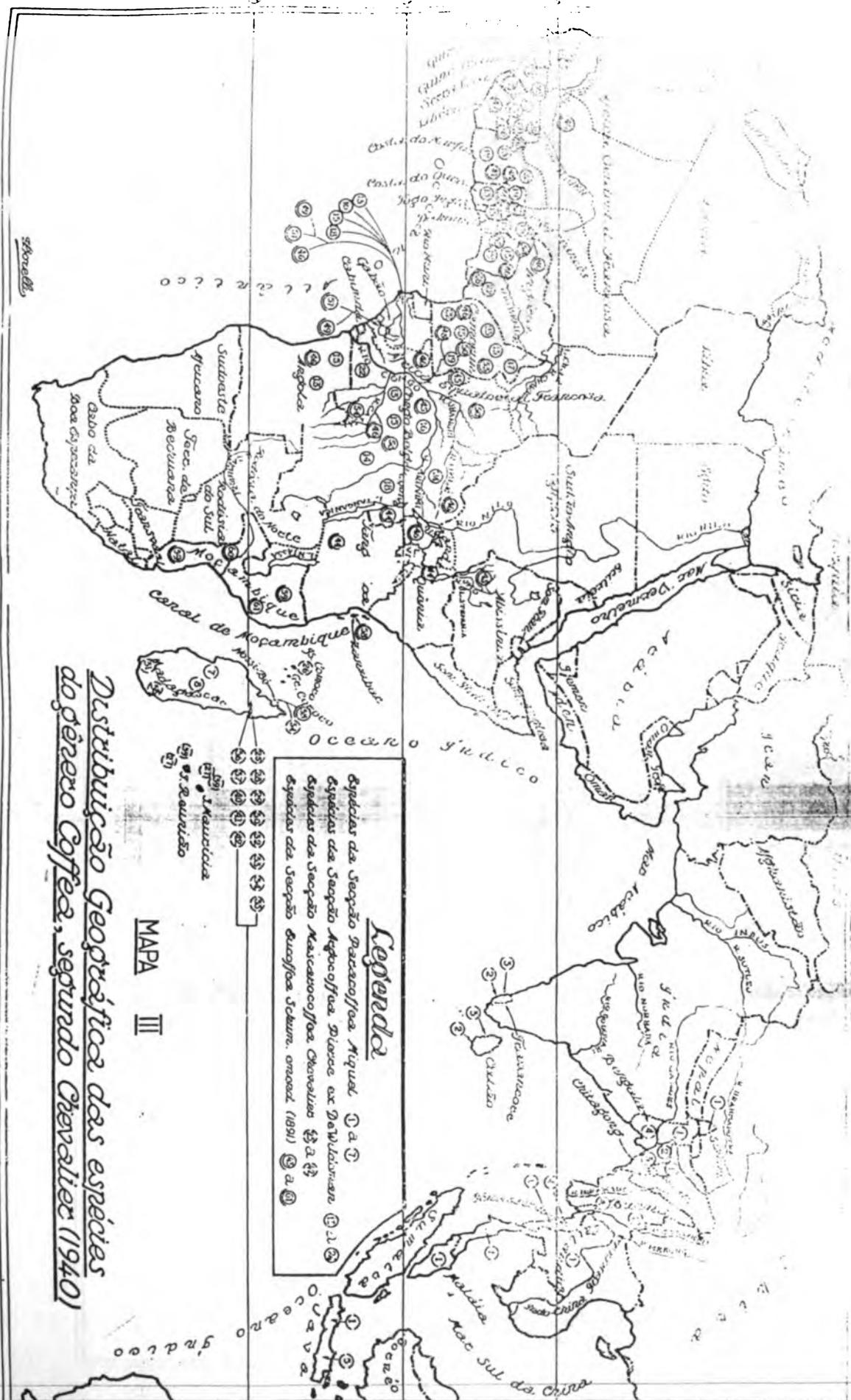


Distribuição Geográfica das Secções do género Coffea, segundo Chevalier (1940)



Map of Africa showing geographical features and regions. Key locations and regions labeled include:

- MAR Mediterrâneo
- Algéria
- Líbia
- Egito
- MAR Vermelho
- África Ocidental Francesa
- Sudão Anglo Egípcio
- Eritreia
- Somália Ocidental
- Somália Italiana
- Abissínia
- Quênia
- Argélia
- Argélia
- Sudoeste Africano
- Fécc de Rockuana
- Madagáscar
- I. Maurícia
- I. Reunião
- OCEANO
- INDICO



Distribuição Geográfica das espécies do gênero Coffea, segundo Chavaliat (1940)

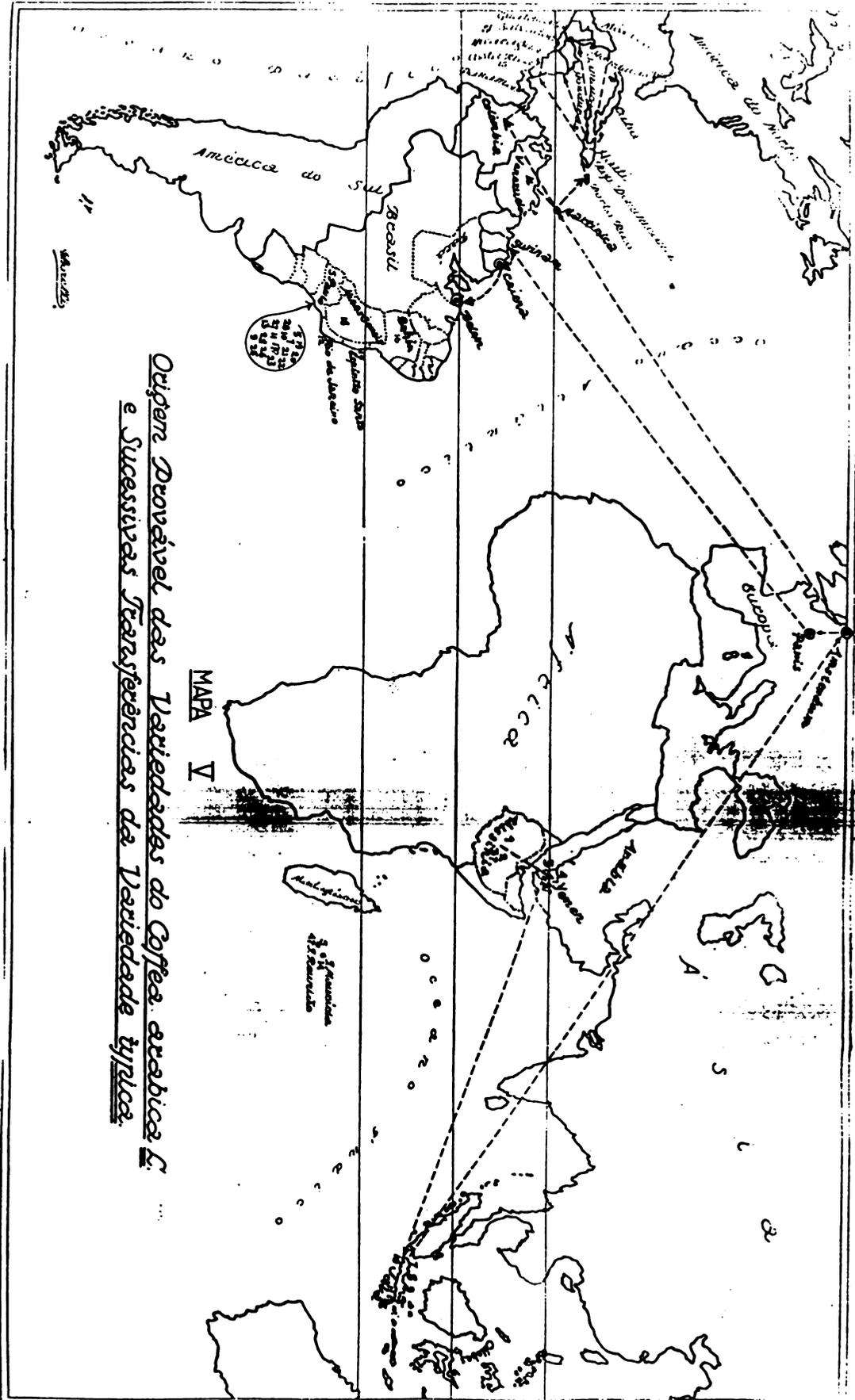
MAPA III

Legenda

Espécies da Região Paucospora Miguel ① a ⑦
 Espécies da Região Apocarpa Pierre ex Dalmanian ⑧ a ⑫
 Espécies da Região Macaronesporea Chavaliat ⑬ a ⑲
 Espécies da Região Sinosporea Schum. et Thonn. (1891) ⑳ a ㉑

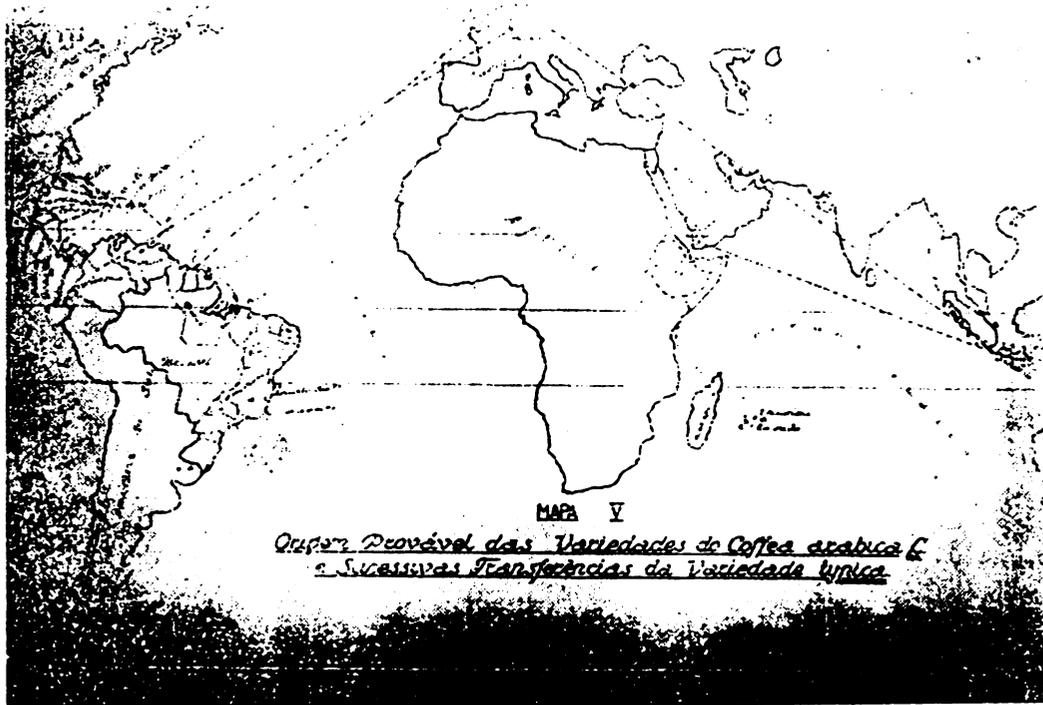
- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ㉑
- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ㉑
- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ㉑
- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ㉑

Shorell



Origem Provável das Variedades do Coffea arabica L.
e Sucessivas Transferências da Variedade tylica.

MAPA V



Sección IV.—EUCOFFEA Schum corrigida en 1891 ahora Benth & Hook.

20 Especies que pueden ser reducidas a 15. Con gran número de subespecies y variedades.

1.—Sub-sección Erythrocoffea Chev.

(Grupo de los cafetos arabica y robusta).

Coffea arabica L. Abisinia, altas montañas, en los valles del río Omo y de sus afluentes (2,7).

" *intermedia* (Froehner) Chev. Altas montañas desde Quenia Uganda, hacia Quivu y de Niassa (7,19).

" *congensis* Froehner. Cuenca occidental del Congo, del río Sanga hasta el Ubanghi (2);

de la confluencia del Kuango y el Ubanghi al fuerte de Pos-sel; hacia el encuentro de los ríos Uelé y Mbomu; muy frecuente desde Bolobo a Irebu (2).

" *canephora* Pierre & Froehner. Africa occidental y central; desde La Guinea Francesa hasta Gabó, desde Uganda y Norte del lago Victoria (2,7).

Sub-sección Pachycoffea Chev.

(Grupo de los cafetos Liberica y Excelsa).

Coffea liberica Hiern. Liberia, Costa de Marfil (7).

" *abeokutae* Cramer. Costa de Marfil, Camerón, Lagos (Nigeria).

CARACTERES GENERALES DE LAS SECCIONES DEL GENERO COFFEA

SECCION	Tipo de plantas	Hojas	Tipo y posición de las flores	Forma del fruto	Exocarpo	Mesocarpo	Endocarpo	Tipo de semillas	Endosperma
COFFEA	Arbustos	Comúnmente caducas.	Terminales, raramente subaxilares	Globulosos	Delgado	Homogéneo	No adherente, delgado y membranoso, con rafe ventral.	Comúnmente con una rafe más con franca invaginación del pericarpo.	Duro o cárnudo.
COFFEA ex de Wil.	Arbustos o lianas.	Caducas o persistentes.	En ramos laterales muy cortos.	Pedunculados ovoides o piriformes.	Delgado	Poco car. blando.	Membranoso sin rafe mediana.	Sin rafe ventral placenta umbilical.	Subcárnudo.
COFFEA	Arboles o arbustos.	Coriáceas, persistentes o caducas.	Inflorescencia en racimos pequeños, laterales, no foliáceos o en glómérulos sésiles en las extremidades de las ramas o sobre el leño velludo de la axila de las cicatrices foliares.	Pedunculados ovoides o piriformes.	Coriáceo		Coriáceo con rafe en la fase interna.	Plano convexas, con rafe mediana sobre la fase ventral en la cual se invagina una membrana dependiente de la placenta.	Córneo.
COFFEA	Arboles o arbustos.	Coriáceas persistentes	Inflorescencias en racimos pequeños, laterales, no foliares o en glómérulos sésiles en las extremidades de las ramas o sobre el leño velludo de la axila de las cicatrices foliares.	Pedunculados ovoides o piriformes.	Coriáceo		Coriáceo con rafe en la fase interna.	Placenta penetran do profundamente, siguiendo el enrollamiento del endosperma.	Fuertemente enrollado, con 0.5-2.7% de cafeína y 10% de aceite.

... de puerto portugués.

(Grupo de café de Mozambique)

" Dewevrei De Wild & Th. Dur.

(Muchas variedades, entre las cuales *C. excelsa* Chev.) interior del Congo y Ubanghi Charri, en Uelé hacia Ituri, Camerón, Uganda y Sudán Anglo-Egipcio (19).

" oyemensis Chev. Puerto de Oyem, región de Wolen-Ntam hacia Gabó (7).

Coffea zanguebariae Lour. África oriental y austral; bahía de Zanguebar en Zanzibar hacia Mozambique (territorio de Gaza): Nossi-Bé (2).

" racemosa Lour. Mozambique (2).

" ligustroides S. Moore. Territorio de Gaza entre el Este de Rodesia y Africa Oriental portuguesa (2).

" mufindiensis Hutch. Territorio de Gaza.

3.—Sub-sección *Melanocoffea* Chev.

(Grupo de los cafetos Nunez).

C. stenophylla G. don. Guinea Francesa, Sierra Leona y costa de Marfil (2,9).

4.—Subsección *Nanocoffea* Chev.

(Grupo de los cafetos anuales).

Coffea brevipers hiern. Camerón (2).

" *humilis* Chev. Oeste africano y la cuenca del Congo.

" *montana* K. Schum. Oeste africano y cuenca del Congo.

" *togoensis* Chev. Togo: Lome (7).

" *mayombensis* Chev. Maiombe portugués: bosques del río Lufo hacia Belise, entrada del puerto de Hombe (7).

5.—Sub-sección *Mozambicoffea* Chev.

Bibliografía

Chevalier, A. *Les Cafeiers du globe*. Fas. 1. 1,196 París. ed Lechevalier.

Chevalier A. *Le Café*. 1-124: 1944. *Preses, Universitaires de France* 108.

Choussy, F. *El Café*. Tomo 1, San Salvador, El Salvador.

Hook, W. C. *Nomenclatura del Café*. Bol. Tec. Inst. Agron. del Estado de San Pablo. Campinas N° 63. 1-49. 1939.

Chevalier, A. *Les Cafeiers du Globe*. Fas. 11—*Encyclopedie Biologique* XXII, París, 1942.

Carvalho, Alcides. *Distribuição Geográfica e Classificação Botânica do Género Coffea como referencia especial a especie arabica*. Instituto Agronomico. Campinas. Sao Paulo. Brazil.

GENERO

SECCION

SUB-SECCION

ESPECIES

COFFEA

Paracoffea Miquel.

Argocoffea

Pierre ex De Wild.

Mascrocoffea Chev.

Eucoffea

K. Schum. emendada (1891)

Verae Chev

Mauritianae Chev.

Multiflorae Chev.

Sclerophyllae Chev.

Terminalis Chev.

Brachysiphon Dub.

Macrocarpae Chev.

Garcinioides Chev.

Erythrocoffea Chev.

Pachycoffea Chev.

Melanocoffea Chev.

Nanocoffea Chev.

Mozambicoffea Chev.

Coffea bengalensis Roxb.
" **Wightiana** W. & Arn.
" **travancorensis** W. & Arn.
" **fragrans** Wall.
" **salicifolia** Miq. (?).
" **floreifolia** Chev.
" **Grevei** Drake (12 especies).

Coffea subcordata Hiern.
" **Claessenii** Lebrun.
" **jasminoides** Welw. ex Hiern.
" **pulchella** K. Schum.
" **scandens** K. Schum.
" **Azeli** Hiern.
" **ligustrifolia** Stapf.
" **nigerina** Chev.
" **rupestris** Hiern.
" **nudiflora** Stapf.
" **melanocarpa** Welw. ex Hiern.
" **Thonneri** Lebrun.

Coffea lancifolia Chev.

Coffea Humblotiana Baill.
" **mauritiana** Lamk.
" **nossikumbaensis** Chev.

Coffea Gallienii Dubard.
" **resinosa** (Hook f.) Radlk.

Coffea Bertrandi Chev.

Coffea Bolviniana Drake.
" **buxifolia** Chev.
" **pervilleana** (Baill) Drake.
" **Augagneuri** Dubard.
" **Bonnierii** Dubard.

Coffea Alleizetii Dubard.
" **Commersoniana** Chev.

Coffea macrocarpa A. Rich.

Coffea Mogeneti Dubard.
" **tetragona** Jumelle & Perrier.
" **Dubardi** Jumelle.

Coffea arabica L.
" **intermedia** (Froehner) Chev.
" **congensis** Froehner.
" **canephora** Pierre & Froehner.

Coffea iberica Hiern.
" **abeokutae** Cramer.
" **Klanii** Pierre.
" **Dewevrei** De Wild & Th. Dur.
" **oyemensis** Chev.

Coffea stenophylla G. Don.

Coffea brevipes Hiern.
" **humilis** Chev.
" **montana** K. Schum.
" **togoensis** Chev.
" **mayombensis** Chev.

Coffea zanguebariae Lour.
" **racemosa** Lour.
" **ligustroides** S. Moore.
" **mufindiensis** Hutcn.

C. eugenioides S. Moore.
C. kivuensis Lebrun.
C. Becquetii Chev.

Coffea intermedia (Froehner) Chev =

Coffea racemosa Lour. =

C. ibo Froehner.
C. Swynnertonii S. Moore.
C. Klaurathii K. Schum & De Wild.

SUELO TICO

SUELO TICO

NOTA:

CARACTERES GENERALES DE LAS SUB-SECCIONES DE LA SECCION EUCOFFEA SCHUM

SUB-SECCION	Tipo de las plantas	Tipo de las hojas	Tipo de los frutos	Exocarpo	Mesocarpo	Tipo de semillas	Tipo de la Sub-sección	No. de especies
<p>EUATHIROCO- CHEV. Grupo de cafetos (bajo y robusta).</p>	<p>Arbustos medios (2-7m).</p>	<p>Comúnmente persistentes, tamaño medio y poco coriáceas.</p>	<p>Tamaño medio; vermejo oscuro cuando están maduros, excepcionalmente amarillos.</p>	<p>Delgado.</p>	<p>Carnudo y suave cuando maduro.</p>	<p>—</p>	<p>Coffea arabica L.</p>	<p>4</p>
<p>EUARACHYCO- CHEV. Grupo de los cafetos (libérica y ex-</p>	<p>Arbustos o pequeños árboles (4-20m).</p>	<p>Comúnmente persistentes, grandes, coriáceas.</p>	<p>Medianos o grandes, vermejo oscuro cuando maduros o vetados de vermejo oscuro, excepcionalmente amarillos.</p>	<p>Grueso.</p>	<p>Carnudo y firme en la madurez.</p>	<p>—</p>	<p>C. libérica Hiern.</p>	<p>5</p>
<p>EUALANOCO- CHEV. Grupo de los cafetos (Nuñez).</p>	<p>Arbustos medianos.</p>	<p>Subcoriáceas, persistentes, verdes o amarillos, estrechas o elípticas oblongas.</p>	<p>Oscuros cuando maduros.</p>	<p>—</p>	<p>—</p>	<p>—</p>	<p>C. stenophylla G. Don.</p>	<p>1</p>
<p>EUACOCCOFFEA- CHEV. Grupo de los cafetos anuales).</p>	<p>Arbustos o anuales (0.20-2m).</p>	<p>Persistentes, grandes o medias, subsésiles.</p>	<p>Medianos, vermejos cuando maduros, poco numerosos.</p>	<p>—</p>	<p>—</p>	<p>—</p>	<p>C. brevipes (Hiern. (?).</p>	<p>5</p>
<p>EUOZAMBICO- CHEV. Grupo de los cafetos (de Mozambique).</p>	<p>Arbustos.</p>	<p>Caducas, pequeñas, (2-12 cm. anchura) con células pétreas en el limbo.</p>	<p>Ovoides.</p>	<p>—</p>	<p>—</p>	<p>Pequeñas o muy pequeñas</p>	<p>C. zanguebarie Lour.</p>	<p>4</p>

CUADRO IV
 CLASIFICACION PROPUESTA POR A. CHEVALIER (1942)

GENERO	SECCION	SERIE	ESPECIES		
COFFEA	Paracoffea Miquel.	12 sp.	<ul style="list-style-type: none"> C. <i>bengalensis</i> (Rox) Roem & Sch. C. <i>Horsfieldiana</i> Miq. C. <i>fragrans</i> Wall. C. <i>Whightiana</i> Wall. C. <i>travancorensis</i> Wall. C. <i>floresiana</i> Boerlage. C. <i>floreifolia</i> Chev. C. <i>Grevei</i> Drake & Chev. 		
			<ul style="list-style-type: none"> C. <i>cochinensis</i> Pierre & Pitard C. <i>dongnaiensis</i> Pierre & Pitard. C. <i>uniflora</i> K. Schum. 	<ul style="list-style-type: none"> } Especies de posición incierta 	
	Argocoffea Pierre.	12 sp.	<ul style="list-style-type: none"> Eu-Argocoffea Chev. <ul style="list-style-type: none"> C. <i>jasminoides</i> Welw. C. <i>rupestris</i> Hiern. C. <i>Afzelii</i> Hiern (=C. <i>ligustrifolia</i> Stapf). C. <i>nudiflora</i> Stapf. C. <i>melanocarpa</i> Welw. Argocoffeopsis (Lebrun) Chev. <ul style="list-style-type: none"> C. <i>scandens</i> K. Schum. C. <i>subcordata</i> Hiern. C. <i>Claessensii</i> Lebrun. C. <i>pulchella</i> K. Schum. 		
			<ul style="list-style-type: none"> Verae Chev. } C. <i>lancifolia</i> Chev. Mauritianae Chev. } <ul style="list-style-type: none"> C. <i>Humboldtiana</i> Baill. C. <i>mauritiana</i> Lark. C. <i>nossikumbaensis</i> Chev. Multiflorae Chev. } <ul style="list-style-type: none"> C. <i>Gallienii</i> Dubard. C. <i>resinosa</i> (Hook. f.) Dadlk. Sclerophyllae Chev. } C. <i>Bertrandi</i> Chev. 		
	Mascariocoffea Chev. 18 sp.	Terminalis Chev.	<ul style="list-style-type: none"> C. <i>Boiviniana</i> (Baill) Drake. C. <i>buxifolia</i> Chev. C. <i>Pervilleana</i> (Baill). Drake. C. <i>Agagneuri</i> Dubard. C. <i>Bonnieri</i> Dubard. 		
			<ul style="list-style-type: none"> Brachysiphon Dubard. & Chev. } <ul style="list-style-type: none"> C. <i>Alleizetti</i> Dubard. C. <i>Commersoniana</i> (Baill) Chev. Macrocarpae Chev. } C. <i>macrocarpa</i> A. Rich. Garcinioides Chev. } <ul style="list-style-type: none"> C. <i>Mogeneti</i> Dubard. C. <i>tetragona</i> Dubard. C. <i>Dubardi</i> Jumelle. 		
			Erythrocoffea Chev.	<ul style="list-style-type: none"> C. <i>arabica</i> L. C. <i>moka</i> Hort. C. <i>congensis</i> Froehner. C. <i>canephora</i> Pierre. 	
				Pachycoffea Chev.	<ul style="list-style-type: none"> C. <i>liberica</i> Hiern. C. <i>Klaimii</i> Pierre. C. <i>eyemensis</i> Chev. C. <i>Dewevrei</i> De Wild & Dur.
	Eucoffea K. Schum (enmendada) non Benth & Hook. 20 sp.	Melanocoffea Chev.	<ul style="list-style-type: none"> C. <i>stenophylla</i> G. Don. C. <i>affinis</i> De Wild. C. <i>Carrissori</i> Chev. 		
			Nanocoffea Chev.	<ul style="list-style-type: none"> C. <i>brevipes</i> Hiern. C. <i>humilis</i> Chev. C. <i>montana</i> Schum. 	
				<ul style="list-style-type: none"> C. <i>togoensis</i> Chev. C. <i>mayombensis</i> Chev. C. <i>livensis</i> Lebrun. 	<ul style="list-style-type: none"> } Especies mal conocidas
				<ul style="list-style-type: none"> C. <i>racemosa</i> Lour. (= C. <i>lutea</i> Froehner, (= <i>Syn. capensis</i> Moore). 	
				<ul style="list-style-type: none"> C. <i>argyroides</i> 	

Melanocoffea

SEÇÃO	SUBSEÇÃO	ESPÉCIES	VARIETADES
Eucoffea	Erythrocof- fea Chev.	<i>C. arabica</i> L. .	abyssinica Chev.
			amarela* Chev.
			angustifolia* (Roxb.) Chev.
			bourbon (B. Rodr.) Choussy
			brevistipulata Ciferri
bullata* Cramer			
Calycanthea Krug et Mendes			
columnaris Ottoländer ex Cramer			
culta* Chev.			
cultoides* Chev.			
erecta Ottoländer			
goiaba Taschdjian			
laurina* J. L. de Lanessan			
latifolia* Chev.			
leucocarpa Hiern.			
longistipulata Ciferri			
maragocypse* C. J. Fernandez			
mekka* Cramer			
monosperma* Ottoländer et Cramer			
myrtifolia* Chev.			
pendula Cramer			
polysperma* Burck			
pubescens Ciferri			
purpurascens Cramer			
semperflorens Krug et Mendes			
sundana* (Miq.) Chev.			
Utrana			
tetramera Krug et Mendes			
typica Cramer			
		<i>C. congensis</i> Froehner ..	Froehneri Pierre ex De Wild.
			ubanghiensis Pierre ex De Wild.
			Chalotti Pierre ex De Wild.
			micrantha Lebrun
			subsessilis De Wild.
		<i>C. canephora</i> Pierre ...	typica Chev.
			Laurentii (De Wild.) Chev.
			Laurentii (De Wild.) Chev. sub. var. robusta (Linden) Chev.
			Gossweileri Chev.
			Hinaultii Pierre ex De Wild.
			oka Chev.
			Stuhlmannii (Warb.) Chev.
			Maclaudii Chev.
		ugandae (Cramer) Chev.	
		<i>C. eugenioides</i> Moore	crassifolia Laurent ex De Wild.
			Welwitschii (Pierre) Chev.
			Kivucasts (Lebrun) Chev.

SEÇÃO	SUBSEÇÃO	ESPÉCIES	VARIETADES	
Eucoccea	Mnanococcea Chev. ..	C. humilis Chev.	{ longifolia Froehn. heterocalyx Chev.	
		C. brevipes Hiern		
		C. montana K. ex De Wild. . C. mayombensis Chev. C. togoensis Chev.		
	Pachicoccea Chev.	C. Nberlea Bull. ex Hiern.		{ liberiensis Sibert ivorensis Sibert aurantiaca Chev. pyriformis Fauchère grandiflora Chev. Gossweileri Chev.
				Raças
		C. Dewavrei De Wild. et Du- rand		{ vera Chev. excelsa Chev. Zenkeri (Krause) Chev. sylvatica Chev. auruwimiensis Dybowskii Pierre ituriensis Chev. excelsoides (Portères) Chev. neo-Arnoldiana Chev.
	Melanococ- cea Chev.		C. stenophylla G. Don C. affinis De Wild. C. Carissoi Chev.	
Mozambi- coccea Chev.		C. zanguebariae Lour. C. racemosa Lour. C. Schumanniana W. Busse. C. ligustroides S. Moore C. salvatrix Swynn. et Phil C. van Roehoudtii Lebrun C. nufindiensis Hutch. C. eugenioides (ou em Erythrococcea)		

Anexo I — Cont.

SEÇÃO	SÉRIES	ESPÉCIES	
<i>Mascarocoffea</i> Chev.	Verae Chev.	{ lancifolia Chev.	
	Mauritianae Chev.	{ Humblotiana Baillon mauritiana Lamk. nossikaumbaensis Chev.	
	Multiflorae Chev.	{ Gallienii Dubard resinosa (Hook. f.) Radlk.	
	Sclerophyllae Chev.	{ Bertrandi Chev.	
	Trachysiphon (Dubard.) Chev.	{ Alleizetti Dubard Commersoniana Chev.	
	Terminales Chev.	{	Boiviniana (Bn) Drake
			buxifolia Chev.
			Pervilleana (Bn) Drake
			Augagneuri Dubard
	Macrocarpae Chev.	{	Bonniéri Dubard
Bonniéri Dubard var. diversifolia Chev.			
macrocarpa Rich.			
Garcinioides Chev.	{	Mogeneti Dubard	
		Dubardi Jumelle	
		tetragona Jumelle et Perrier	

SEÇÃO	SUBSEÇÃO
<i>Paracoffea</i> Miquel	bengalensis (Roxb.) Heyne ex Roem et Schult.
	Horsfieldiana Mig.
	Whightiana Wall.
	merguensis Ridl.
	fragrans Wall.
	travancorensis Wigt et Arn.
	dongnaiensis Pierre ex Pitard
	cochinchinensis Pierre in Pitard
	malayana Ridl.
	floreifolia ex Chev.
	Grevei Drake ex Chev.
	floresiana Boerlage
	semi-exerta Colebr. (?)
	<i>Argocoffea</i> Pierre ex De Wild.
subcordata Hiern var. Claessensii Chev.	
jasminoides Welw. ex Hiern.	
pulchella K. Shum.	
scandens K. Shum.	
Afzelii Hiern.	
nigerina Chev.	
rupestris Hiern.	
rupestris Hiern. var. Thonneri Chev.	
nudiflora Stapf.	
melanocarpa Welw. ex Hiern.	



**PARAMETROS UTILIZADOS EN LA SELECCION DE
PLANTAS DE CAFE**

**VIII CURSO DE CAFICULTURA MODERNA
TURRIALBA, 1990**

**PROGRAMA COOPERATIVO PARA LA PROTECCION Y MODERNIZACION DE LA CAFICULTURA
(PROMECAFE)
MEXICO, CENTROAMERICA, PANAMA Y EL CARIBE**

PARAMETROS QUE DEBEN SER UTILIZADOS EN LA
SELECCION DE PLANTAS DE CAFE *

a. Producción de café cereza (planta x planta)

El número de cosechas por planta depende de las condiciones de cada país. Los datos podrían dar información sobre la uniformidad de la maduración. La información debe anotarse en kilogramos.

b. Maduración de los frutos:

La maduración debe ser medida a través de los datos obtenidos durante la cosecha de café cereza, divididos dentro de cada año. Establecer un criterio de análisis de interpretación de esos datos, el cual se puede evaluar visualmente y en conjunto con el vigor de la planta. Para la calificación se puede usar: maduración precoz, media y tardía, de acuerdo con la cantidad de café cereza maduro y verde. Esta evaluación deberá realizarse antes de la primera cosecha.

c. Número de años de cosecha de los experimentos:

Dependerá de las condiciones bajo las cuales se manejan las plantas en cada país. Lo ideal es tener el mayor número posible de cosechas, para tener una idea de la longevidad del material, que para algunos países, como el caso de México esta sería una información fundamental. El número mínimo de años de cosecha debe ser cuatro. Deben tenerse en cuenta que existen algunas progenies que son más demoradas para entrar en producción.

d. Porcentaje de frutos vanos:

Este dato se debe obtener durante la cosecha. La muestra para determinar esta característica del fruto debe

*Tomado informe de asesoría del doctor Luiz Carlos Fazuoli a PROMECAFE en su visita del 20 de noviembre al 14 de diciembre de 1988.

tomarse durante la mayor cosecha y efectuar un mínimo de 2 observaciones de cada planta, en años diferentes. Para realizar esta evaluación se debe tomar una muestra de 100 frutos, que son colocados en el agua. Se anotan los frutos que flotan en el agua y se calcula su porcentaje.

e. Aspecto vegetativo:

Las observaciones para este parámetro son subjetivas y deben ser tomadas todos los años, ojalá dos por año: una antes de la primera colecta y la otra después, de pasada la colecta final. A la evaluación antes de la primera colecta, deberá darse puntos de 1 a 10 para las plantas poco y muy vigorosas respectivamente, asociada con la producción, el follaje, el crecimiento de las ramas plagiotrópicas, la sanidad, la carencia de deficiencias nutricionales, etc. Se debe anotar también el color de los brotes nuevos de la planta y de los frutos, la maduración, la presencia de ramificación en las ramas plagiotrópicas, el porte de la planta y el equilibrio de la planta para el agotamiento. La evaluación después de la última cosecha debe llevar anotaciones sobre el vigor asociado al follaje, al crecimiento de las ramas plagiotrópicas, a la preparación para la cosecha del año próximo, la ramificación secundaria y a las deficiencias nutricionales visibles, así como el agotamiento de la planta: 1 para las más mala y 10 para las mejores.

f. Color de los brotes nuevos:

Los brotes nuevos pueden tener coloración verde o bronceada. El color se debe a un factor genético homocigoto BrBr para bronce y brbr para verde, La forma heterocigota Brbr da un bronce no muy acentuado. Esta coloración debe ser anotada antes de la cosecha y la calificación del aspecto vegetativo.

g. Coloración de los frutos:

En Coffea arabica los frutos pueden ser de coloración roja, amarilla o amarilla con estrias rojas. Esta coloración se debe a un factor recesivo con dominancia incompleta denominado Xanthocarpa. Una planta roja tendrá por genotipo: XcXc, una amarilla xcxc y la amarilla con estrias rojas Xcxc. Las observaciones de color del fruto se debe realizar durante la primera colecta, con el aspecto vegetativo.

Las descendencias de "Catimor", Sarchimor, etc. como son derivados de cruzamiento de plantas de porte bajo con entrenudos cortos, con el "Híbrido de Timor" que es una planta alta se pueden encontrar segregación para la altura. El factor genético que confiere el porte bajo es denominado por la sigla CTCT (Caturra). Este factor fue estudiado inicialmente en la variedad "Caturra". Posteriormente se pudo confirmar que las variedades "Villasarchí" y "Pacas" poseen el mismo factor genético del "Caturra Rojo". Una planta de porte bajo tiene los genótipos CtCt o Ctct mientras que una de porte alto tiene: ctct. Las observaciones del porte deberán realizarse antes de la primera colecta, durante la calificación del aspecto vegetativo.

i. Ramificación secundaria:

Otro parámetro en café muy importante es la ramificación secundaria de las ramas plagiotrópicas por estar relacionada con la mayor capacidad de producción de la planta. Antes de asignar la calificación para el aspecto vegetativo y después de la primera cosecha debe anotarse si la ramificación secundaria es abundante o no.

j. Agotamiento de la planta:

El Híbrido de Timor es derivado del "Typica" y por tanto no posee o posee muy poco vigor vegetativo. Parece ser que el Catimor hereda esta característica, la cual es común en las progenies con exceso de producción comercial, aun en las condiciones de centroamérica, donde por lo general, las plantas son sombreadas. En Brasil este problema es aún más acentuado, debido a que los cultivos son a pleno sol por lo que las temperaturas son más altas, a que ocurren deficiencias hídricas por distribución y cantidad de lluvia y a que los suelos son más ácidos.

Como en centroamérica los suelos son volcánicos, hay lluvia abundante y bien distribuida, y los cafés son sombreados en condiciones semejantes a los lugares donde se seleccionó el Híbrido de Timor parecería que este problema debería ser menor. Es posible que en aquellos países, como es el caso de Costa Rica donde el café esta casi a pleno sol, el problema es mayor, ocurriendo un agotamiento prematuro de algunas de las progenies.

El estudio de la disposición de la planta para agotarse es muy importante al establecer los ciclos de poda. Esta característica se debe observar al momento de calificar el aspecto vegetativo de la planta.

K. Altura de las plantas:

Puede ser tamado en dos épocas: en la primera producción y antes de efectuar la poda.

1. Diámetro de la copa (metros):

Este parámetro se mide tomando el ancho de la planta a 1 metro del suelo, lo cual debe ser hecho en los dos sentidos. Esta lectura debe ser tomada cuando se mide la altura de la planta.

m. Rendimiento de café cereza a oro:

El rendimiento es medido por la relación entre el café en cereza y el peso del café beneficiado en oro (verde). En Brasil esta relación se sitúa entre 5.5 y 6.0. Para tomar este parámetro se debe guardar una muestra de 1.5 kgr. de café en cereza, por planta. En el Brasil el café en cereza se seca con la pulpa y recibe el nombre de café "coco" a 12% de humedad. Posteriormente se procede a quitar la cáscara (pulpa más pergamino) para obtener el café en oro. Después de pesarlo se calcula el rendimiento. Esta relación se puede hacer con relación al café pergamino o con el café oro.

Para el caso en que la muestra sea despulpada hay que tener mucho cuidado para no perder frutos y semillas de la muestra. En este caso se puede pesar el café seco a 12% de humedad, eliminar el pergamino y pesar la muestra. Con estos datos se puede tener información sobre la relación entre el café en cereza con el café despulpado, con el pergamino seco y con el oro (verde). Estas observaciones deben realizarse por lo menos dos años.

n. Porcentaje de semillas normales, caracol, monstruos y triangulares

Con la misma muestra del café beneficiado que se tomó el rendimiento, se calculan estos porcentajes. Se separa inicialmente de la muestra los diferentes tipos de semilla,

tomando el peso y calculando los porcentajes. Si la muestra es pequeña el porcentaje se puede calcular por conteo. Esta observación se debe realizar en un mínimo de dos años, puesto que puede ocurrir variación de un año para otro.

ñ. Tamaño de la semilla

El tamaño de la semilla puede medirse en el largo y ancho o de manera indirecta, a través de tamices, anotando la cantidad de café retenido en cada uno de ellos. Este porcentaje puede calcularse con base en el tamiz de 17/64 de pulgada, como ya viene siendo calculado por PROMECAFE.

En el Brasil se calcula, con los pesos de cada tamiz, un valor que se ha designado con el nombre de: Tamiz (TP) Promedio (en portugués: Peneira media) que mide el promedio del tamaño de las semillas. Este cálculo se realiza de la siguiente manera: Ejemplo:

No. Tamiz	Peso de café retenido (gr)
18	25
17	100
16	100
15	25
TOTAL PESO	250 GR.

Efectuar los productos: No. del tamiz por el peso del café retenido en cada uno.

$$\text{T.P. (PM)} = \frac{(18 \times 25) + (17 \times 100) + (16 \times 100) + (15 \times 25)}{250 \text{ grs.}}$$

$$\text{T.P. (PM)} = \frac{4.125}{250} = 16,5$$

Por tanto el Tamiz Promedio (TP) es el producto de la relación de los tamices con los pesos retenidos en los tamices.

El Tamiz Promedio se puede también calcular usando número de semillas en vez de peso. En Brasil fue confirmada una correlación muy grande entre los dos tipos de lecturas, por lo que se debe usar el método más práctico y rápido.

Los datos del Tamiz Promedio o el porcentaje de semillas de tipo normal por encima del tamiz 17/64, deben ser observados por un mínimo de dos años.

o. Peso de 100 semillas de tipo plano o normal

Separe 100 semillas de tipo normal con humedad uniforme en las diferentes muestras y tome su peso. Los datos obtenidos deberán realizarse en por lo menos dos años.

p. Peso de 1000 semillas de tipo plano o normal

Se toma igual que en caso anterior, utilizando 1000 semillas de tipo normal en vez de 100.

q. Densidad de las semillas

Con la muestra de 1000 semillas de tipo normal, se calcula el volumen de agua desplazada, al colocar la semilla en una probeta con agua. Estos datos deberán tomarse por un mínimo de dos años.

Los datos de laboratorio de semillas deberán ser efectuados para todas las plantas del experimento o por lo menos para las plantas más promisorias, en terminos de selección.

NUEVAS PERSPECTIVAS EN EL MEJORAMIENTO GENETICO DE Coffea arabica

Albertus B. Eskes 1/

1. INTRODUCCION

El fitomejorador necesita definir sus criterios de selección con base en los objetivos de su programa de mejoramiento genético. Además, debe escoger el método de mejoramiento que más le convenga para alcanzar esos objetivos. En este resumen se presenta algunas perspectivas para el fitomejoramiento del cafeto según se puede preveer en consecuencia del avance reciente del área de fitogenética, especialmente de la biotecnología, y en función de una reevaluación de los objetivos de selección de Coffea arabica.

2. OBJETIVOS DE SELECCION

2.1. Criterios actuales.

a. Producción, vigor y porte bajo.

Estas características fueron los criterios de selección más importantes durante las décadas de 1930 a 1970, en el Continente Americano.

En Brasil se seleccionó las mejores líneas de la variedad "Bourbón", que producen dos veces más que el "Typica". El "Mundo Novo" y el "Catuaí" son selecciones de cruces intervarietales aún más productivas, que llegan a producir tres veces más que el "Typica". Por otro lado, y para dar una idea de la influencia del ambiente sobre variaciones en producción, en Colombia el "Bourbón" produce solo 10% más que el "Typica" y el "Mundo Novo" cerca de 30% más. Estas observaciones ilustran que en un ambiente más

1/ Jefe del Servicio de Mejoramiento de Plantas del IRCC/
CIRAD, Montpellier, Francia.

favorable para el café, las diferencias en el potencial genético de las variedades pueden disminuir. Otro ejemplo es el "Caturra", que en Brasil no es recomendado por problemas de agotamiento pero que en Colombia produce una muy buena cosecha y en América Central es la variedad estandar. Por esta razón, siempre debe evaluarse las nuevas variedades en condiciones diversas.

b. Resistencia a la roya.

Ha sido el principal criterio de selección en Africa, Asia, y más recientemente, en América. Ejemplos de esto son las selecciones de las variedades "Kent" (\pm 1920) y "S795" (1946) en la India y de la variedad "K7" en Kenya, en los años 40. Sin embargo, la resistencia de estas variedades no ha sido duradera debido a la aparición de razas virulentas después de 5 a 15 años de estarse sembrando en gran escla, lo que demuestra la importancia de seleccionar nuevas variedades con resistencia más duradera.

En Colombia, en 1985, se liberó la variedad "Colombia", de la cual se ha distribuido semilla para sembrar unas 100 mil hectáreas. En Brasil, la variedad "Icatú" ya casi está lista para ser entregada al productor. En América Central se está discutiendo la posibilidad de distribuir "Catimores" a nivel comercial en los próximos años.

c. Roya y CBD.

En Kenya, con ayuda del gobierno holandés, se inició en 1970 un programa de mejoramiento para obtener resistencia a la roya y al CBD simultáneamente. Como resultado de este trabajo, en 1985, se obtuvo la variedad "Ruiru 11". Esta variedad híbrida combina varios genes de resistencia de "Catimor" com genes de resistencia presentes en líneas seleccionadas localmente. Su multiplicación ha sido muy limitada ya que se realiza mediante la producción manual de semillas.

d. CBD.

La resistencia al CBD ha sido muy importante en Etiopía, donde se inició una selección masal en los años 70 que tuvo resultados en los años 80.

En Camerún, el IRCC seleccionó la variedad "Java", la cual posee un buen nivel de resistencia al CBD y se empezó a distribuir a partir de 1980.

e. Nematodos.

En los últimos años, el interés por seleccionar material con resistencia a nematodos aumentó considerablemente. En Brasil se inició desde 1988, la distribución por semilla de una selección de Coffea canephora, llamada "Apoatà" (raíz fuerte), que se utiliza como portainjerto para C. arabica.

2.2. Perspectivas.

a. Resistencia a la roya y estabilidad de producción.

La roya seguirá siendo un factor muy importante para la selección de nuevas variedades. En la mayor parte de los países, los "Catimores" necesitan una selección adicional para productividad, vigor y estabilidad de la producción, con el objetivo de eliminar algunas de las deficiencias que tienen estos materiales.

Los retrocruces de híbridos interespecíficos (triploides o tetraploides) entre C. arabica y C. canephora que han sido obtenidos en Colombia y en Brasil, son prometedores para reunir resistencia, vigor y productividad.

b. Resistencia a Meloidogyne spp y Pratylenchus coffeae.

La obtención de material resistente a P. coffeae es muy importante en América Central. Lo más promisorio parece ser la selección de una variedad portainjerto con alto nivel de

resistencia. Para ello se debe evaluar la resistencia de clones y de sus descendencias con el objetivo de obtener en pocos años una variedad por semilla. Esta es una de las prioridades del programa de mejoramiento de PROMECAFE en el cual colabora el IRCC.

La resistencia a *Meloidogyne* spp en *C. arabica* puede ser encontrada en "Sarchimor" y en "Catimores" de Colombia. Estudios recientes hechos en Francia muestran también un buen nivel de resistencia en varias introducciones de Etiopía.

c. Resistencia a CBD.

Es una enfermedad potencialmente importante para América. Los estudios de resistencia pueden ser realizados en Europa, en institutos como el CIFC o el IRCC, o en campos manejados por este último en Africa y donde está presente el CBD. Hay dos proyectos presentados a la Comunidad Europea en los cuales se solicita apoyo para poder avanzar en esta área.

Colombia mantiene negociaciones con el CIFC para evaluar sus líneas de "Catimor" con respecto a esta enfermedad.

d. Productividad y vigor.

Hay que reconocer que el potencial de producción de algunas variedades de café, como "Catuai" y "Caturra", es bastante elevado; sin embargo, existen posibilidades de aumentar este nivel. Las experiencias obtenidas en Brasil indican que se pueden encontrar líneas más productivas que "Catuai" en retrocruces de híbridos interespecíficos (*C. arabica* X *C. canephora*) o en descendencias de cruces varietales dentro de *C. arabica*. Resultados obtenidos en Kenia y en Camerun sugieren también un muy buen potencial de producción en variedades híbridas F₁ (cruces entre variedades comerciales e introducciones de Etiopía).

Otra posibilidad es encontrar plantas sobresalientes muy productivas en poblaciones segregantes, por ejemplo en generaciones F₂ y F₄ o en retrocruzamientos. En este sentido, en Brasil se encontró dentro de descendencias de "Catuaí" cruzado con la introducción Agaro, una planta con una producción que duplicó la encontrada para el testigo "Catuaí". Estas plantas actualmente pueden ser multiplicadas mediante procedimientos in vitro.

e. Resistencia al minador de la hoja

Este insecto es especialmente problemático en Brasil. Se podrían obtener variedades resistentes a través de cruces interespecíficos con *C. racemosa* o con otras especies.

Otra posibilidad es la transformación genética; actualmente existen genes de bacterias (*Bacillus thuringiensis*) con potencial para inducir resistencia a insectos. Estos genes ya han sido utilizados con éxito en especies modelos, como tabaco.

f. Resistencia a Broca.

Se considera un área difícil pero no imposible de alcanzar. Recientemente se estudió el mutante "Goiaba", el cual mantiene los sépalos sobre el fruto. Se ha observado que en tanto los mismos se mantengan, la broca no ataca pues no lo reconoce como fruto de café. Cuando pierde los sépalos se vuelve susceptible. Hay introducciones de Etiopía que muestran la misma característica o tienen un comportamiento intermedio, por lo que podrían ser aprovechadas en cruces con "Goiaba".

g. Adaptación a condiciones extremas.

Es otro factor importante a considerar en el futuro. Podría ser por ejemplo la adaptación específica a altitudes mayores, suelos más ácidos, sequía, etc.

h. Maduración precoz o tardía.

La variación en el tiempo necesario para alcanzar la maduración es de interés para distribuir mejor la cosecha. En ciertas regiones de mayor altitud, un material más precoz puede ser necesario pues daría su cosecha en la época seca. Algunos híbridos entre variedades e introducciones de Etiopía pueden ser más precoces, en tanto que las descendencias de cruces interespecíficos pueden tener una maduración más tardía.

i. Tamaños de granos.

El seleccionar tamaño de grano mayor puede ser importante considerando las condiciones del mercado de café y al mismo tiempo permitiría ahorrar tiempo y dinero en la cosecha pues se requeriría de un menor tiempo de cosecha para obtener el mismo peso. La variedad "Maragojipe" ofrece algunas perspectivas en este sentido, sin embargo en Brasil ha habido cierta decepción pues el introducir esa característica en "Mundo Novo", siempre resultaba en una reducción de la productividad.

El material introducido de Yemen también ofrece algunas posibilidades pues el tipo Tessawi tiene frutos muy grandes.

j. Calidad especial.

Dada la superproducción de café actual, el obtener una calidad de tasa especial será otro factor de selección importante en el futuro. Los torrefactores están buscando un café que genéticamente dé una calidad peculiar aunque su producción no sea muy alta, esto se compensaría con un mayor precio. Las introducciones de Etiopía y algunos mutantes como el Mocca deberán ser evaluados con más cuidado para determinar si existe variabilidad genética para calidad de tasa dentro del C. arabica.

k. Bajo contenido de cafeína.

Actualmente existe un mercado importante para el café descafeinado. Sin embargo, el proceso de descafeinación es más caro que la ganancia obtenida por la cafeína que genera, por lo tanto existe interés comercial en producir variedades de café con bajo contenido de cafeína. Además, los consumidores preferirían un café que sea "naturalmente" bajo en cafeína.

En este sentido y a corto plazo, el mutante Laurina ofrece perspectivas aunque es poco productivo. A más largo plazo, podría haber resultados en cruces de C. arabica con especies diploides que no contengan cafeína (por ejemplo especies de Madagascar y el C. pseudozanguebariae).

l. Tamaño de hoja.

La especie C. arabica posee un tamaño de hoja adaptado a las condiciones de sombra que prevalecen en el subbosque tropical. Podría ser que la misma sea fisiológicamente muy grande para las condiciones de plena exposición solar; por consiguiente es posible que hojas de menor tamaño permitan una mejor penetración de la luz solar y por lo tanto una mejor floración, una maduración más uniforme, etc. Existe interés en estudiar este factor y seleccionar variedades con hojas más pequeñas, lo cual podría conseguirse en cruces con introducciones de Etiopía o en progenies de cruces interespecíficos con especies de hojas pequeñas.

3. METODOS DE MEJORAMIENTO

3.1. Métodos tradicionales y actuales

a. Selección de mutantes en variedades fijas.

Este es un método rápido para obtener una nueva variedad pero es muy limitado. Ejemplos de esto son las variedades "Pacas", "Caturra" y variedades con color de

fruto diferentes (rojo, amarillo). El tiempo entre la selección y la distribución de semilla es de unos 10 años.

b. Cruces varietales.

La selección por pedigree de la F₁, F₂, F₃, etc. de cruces entre variedades, ha sido el método más aplicado en el mejoramiento de *C. arabica*. Ejemplos son las variedades "Mundo Novo", "Catuaí" y "Catimor". El tiempo necesario para hacer este trabajo es grande, un mínimo de 15 a 20 años, entre el cruce inicial (F₁) y la selección definitiva (F₆ o F₇).

c. Cruces interespecíficos seguidos por retrocruces.

Un ejemplo de este, es el "Icatú", que para obtenerlo se realizó un primer cruce en 1950 entre *C. canephora* tetraploide y *C. arabica*, pero ha sido trabajada más intensamente a partir de 1970. El tiempo mínimo para obtener una variedad de esta manera es de 25 a 35 años.

Otra forma de trabajar es mediante la utilización de F₁ triploide en cruzamientos con *C. canephora*, lo cual se inició en la India en 1937. Sin embargo, después de más de 50 años de selección, no ha sido posible obtener líneas homogéneas y productivas.

En Colombia se inició un programa a base de triploides durante los años 70. Se ha trabajado en una forma más eficiente y se han hecho ciclos de selección más rápidos. Actualmente se ha alcanzado las generaciones F₄ del retrocruzamiento RC₁, las cuales son aparentemente lo suficiente homogéneas, al menos fenotípicamente.

3.2. Perspectivas

a. Multiplicación vegetativa.

Consiste en la selección de plantas heterocigotas y su multiplicación vegetativa mediante cultivo de tejidos. El tiempo que se requiere desde la identificación de la planta promisoría y la distribución de la nueva variedad puede ser de 10 a 15 años, bastante más corto que los 25 a 30 años de los métodos tradicionales.

Híbridos entre variedades, retrocruces y plantas sobresalientes podrían ser objeto de este método de mejoramiento. El método tradicional con estacas multiplicadas en vivero no es suficientemente rápido para *C. arabica*, por lo que no es eficiente para distribuir variedades comerciales. Por tal razón, PROMECAFE ha trabajado por bastante tiempo en el método de multiplicación vegetativa a través de microestacas, que hoy ya está bien establecido. A mediano plazo, la embriogénesis somática, cuyo potencial es más grande, ofrece perspectivas promisorias.

b. Cultivo de anteras u óvulos.

Su objetivo es la obtención de plantas haploides a partir de material heterocigoto. La duplicación posterior con colchicina permite llegar a la condición homocigota a partir de plantas F₁ o F₂ en una sola manipulación. El tiempo para la obtención de una variedad nueva a partir de un cruce intervarietal podría ser acortado de 25 años a unos 15 años.

Resultados obtenidos en Venezuela durante 1988 han dado origen a los primeros haploides producidos a través de esta técnica (cultivo de anteras).

Existe interés en esta área por parte de firmas privadas. Por ejemplo, una firma canadiense comenzó este año con el cultivo de anteras.

c. Transformación genética.

Consiste en la introducción de genes interesantes dentro de una variedad comercial a través de técnicas modernas de biología molecular. De esta manera se podría mejorar una característica de una variedad (ej. resistencia a insectos) en solo 5 ó 10 años.

La perspectiva a corto plazo es la de trabajar con genes del Bacillus thuringiensis para la producción de toxinas. Estos genes fueron aislados hace 10 años y pueden ser introducidos en plantas a través de un vector como por ejemplo plasmidios de Agrobacterium. Este método se está aplicando actualmente en varios cultivos. El IRCC tiene un proyecto de investigación en este sentido, con el cual se buscará introducir resistencia al minador de la hoja y eventualmente a la broca.

d. Producción de variedades híbridas F₁ por semilla.

En Kenya, la producción manual de semillas F₁ de la variedad Ruiru 11 ha alcanzado unos 5 millones de semillas en 5 años, lo que es suficiente para sembrar unas 1500 a 2000 hectáreas. Este método puede presentar problemas de contaminación con polen extraño y además es muy laborioso.

Una buena alternativa sería la utilización de esterilidad masculina. Existen materiales con esa característica que han sido detectados recientemente en Brasil. En este caso se planta una línea andro-estéril con otra variedad (material padre), entonces todas las semillas recogidas en la planta estéril serían producto de la hibridación natural entre las dos variedades. De este modo la obtención de semillas híbridas sería barata y muy eficiente.

Los trabajos de esterilidad masculina se iniciaron en Campinas (Brasil) en los años 1985-86 y el número de plantas

estudiadas ascendió a unas 500 en total. Entre ellas se identificaron 6 plantas androestériles; 3 en una línea de "Blumor", 1 en una progenie de S₁₂ Kaffa X Bourbón y 2 en una introducción de Etiopía ("Kaffa"). Mediante cruces se ha estudiado la herencia de esa característica y se ha determinado que es recesiva. También se han hecho estudio citológicos para definir el mecanismo de la esterilidad masculina.

Para avanzar más rápidamente, es importante buscar nuevas fuentes de esterilidad masculina, de preferencia en variedades comerciales.

4. CONCLUSION

El avance obtenido durante los últimos años en fitogenética en general y en el cafeto en especial, hace preveer la aplicación de nuevas técnicas de mejoramiento en C. arabica. Los criterios de selección cambiarán de acuerdo con las necesidades agronómicas, de obtener resistencia a plagas y enfermedades y los requerimientos de mercado (calidad, bajo contenido de cafeína).

Se considera importante que la región de América Central tenga su propio programa de mejoramiento genético, de manera que pueda enfrentar los problemas que puedan ser solucionados genéticamente.

Forma del grano.

También existen diferencias en cuanto a la forma del grano que permiten distinguir las semillas de las distintas variedades.

1. Típica.

Los granos tienen la parte plana notablemente lisa y pareja aunque sean pequeños.

La ranura es más amplia y profunda que en las otras variedades.

El talud de la ranura, especialmente en los granos grandes, es recto y tiene la arista muy notoria.

Los granos grandes especialmente, son alargados. Los pequeños son menos alargados.

2. Borbón.

Los granos tienen la cara plana bastante irregular.

Algunos granos son algo "encocados".

La ranura es amplia pero menos profunda que en Típica. Algunos granos tienen ranura estrecha y encorvada como los de Caturra.

El talud tiene arista notable.

Los granos grandes son alargados. Los pequeños son redondeados.

3. Caturra.

Los granos son más redondeados que los de las variedades Típica y Borbón.

La ranura es más estrecha y hay muchos granos con la ranura cerrada.

La arista del talud es poco pronunciada, o redondeada.

La parte plana del grano es irregular y muchas veces "encocada", con los extremos altos y el centro deprimido.

BIBLIOGRAFIA

1. CHARRIER, A. La structure génétique des caféiers spontanés de la Région Malgache *Mascorocoffea*. Leurs relations avec les caféiers d'origine africaine *Eucoffea*. Paris. Office de la Recherche Scientifique et Technique outre-Mer. 1978. 223p (Memorias Orstom No. 87).
2. COSTE, R. Cafetos y cafés en el mundo. Paris. G-P Maisonneuve & Larose. s.f. 459p. (Tomo primero).
3. JONES, P.A. Notes on the varieties of *Coffea arabica* in Kenya. Coffee Board of Kenya Monthly Bulletin 21(251): 305-309. 1956.
4. KRUG, C.A.; CARVALHO, A. The genetics of *Coffea*. Advances in Genetics. (EE.UU) 4:127-158. 1951.
5. KRUG, C.A.; MENDES, J.E.T.; CARVALHO, A. Taxonomia de *Coffea arabica* L. Campinas, S.P., Brasil. Instituto Agronomico do Estado, em Campinas. 1939. 57p. (Boletim Técnico No. 62).
6. LEON, J. Especies y cultivares (variedades) de café. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - IICA, 1962 (Materiales de enseñanza de café y cacao No.23).

CARACTERISTICAS DE LAS VARIEDADES DE *C. arabica* CULTIVADAS EN COLOMBIA

Típica.

Es la variedad más difundida en el mundo: representa el tipo de la especie *C. arabica* descrito inicialmente por el botánico naturalista Lineo. Esta variedad dio origen, por mutación, a la mayoría de las otras variedades y formas conocidas. Las plantas de esta variedad cultivadas en Colombia, probablemente descienden de muy pocas plantas madres. Se describirá comparándola con el Borbón y el Caturra.

Borbón.

Variedad originaria de las Islas Reunión (antes Borbón). Ha sido ampliamente difundida y se caracteriza por su alta producción por árbol. Tanto el Típica como el Borbón son árboles de porte normal alto; se diferencian entre sí principalmente por las siguientes características: en el Borbón las hojas tiernas son generalmente de color verde, y en Típica son bronceadas; el ángulo de la rama primaria, respecto a su salida del tallo, es más estrecho en los árboles de Borbón (58° contra 67° en Típica); la ramificación es menos pendiente y más abundante en Borbón que en Típica; las hojas son anchas y redondeadas en Borbón, en tanto que las de Típica son elípticas y alargadas; las hojas de Borbón son más onduladas que las de Típica; el ángulo de la base de la hoja es mayor en Borbón.

Caturra.

Esta variedad es una mutación encontrada en el Brasil, dentro de la variedad Borbón. Su característica más notoria es la longitud de los entrenudos, que son más cortos que los de las variedades Borbón y Típica. Esto se refleja en una reducción del tamaño general del árbol (crecimiento más lento). El árbol es de porte pequeño; el ángulo que forman las ramas primarias jóvenes con el tallo principal es menos agudo que el de la variedad Borbón y tiende a ser semejante al de la variedad Típica. Las hojas nuevas son de color verde claro, de mayor tamaño y más anchas que las de la variedad Borbón. Las características de crecimiento enumeradas anteriormente están genéticamente controladas por el factor Caturra (Ct Ct) el cual es dominante sobre el Típica y el Borbón.

CARACTERISTICAS COMERCIALES

Existen además diferencias en el porcentaje de granos grandes producidos por cada variedad, la forma de la semilla y la producción por árbol.

Producción por árbol.

El Borbón produce más que el Caturra y este a su vez produce más que el Típica. Debido al porte pequeño del Caturra es posible sembrar mayor número de árboles por unidad de área; esto hace que la productividad pueda ser mayor con la variedad Caturra.

Tamaño del grano.

En una muestra de café comercial, de cualquier variedad, existen granos de todos los tamaños. Así, no se puede decir que una variedad sea de grano más grande o más pequeño que otra. Lo que ocurre es que los porcentajes de granos grandes, medianos y pequeños varían entre las diferentes variedades.

La variedad Típica tiene mayor porcentaje de granos grandes que Caturra y que Borbón.

tos hechos en Cenicafé entre estas dos variedades, presenta un crecimiento muy corto y crecimiento ortotrópico muy limitado lo que le da una apariencia característica (enana). Las hojas son de medianas a pequeñas pero alargadas. Los frutos son similares a los de la variedad Típica.

Semperfiorens.

Variedad de *C. arabica* derivada del Borbón; encontrada y descrita en el Brasil en donde produce flores durante todo el año. Los arbustos tienen crecimiento normal y ramas primarias con ángulo de salida agudo, especialmente notorio en las plantas jóvenes. Las hojas y las flores son un poco menores en tamaño que las de Típica. Esta variedad se reporta como muy resistente a la sequía. En Colombia no presenta floración permanente.

Sumatra.

Variedad de *C. arabica*; se le denominó Sumatra por haber sido llevada al Brasil desde esta isla. Los investigadores brasileños afirman que no difiere en nada de la variedad Típica, sólo que puede ser una línea más productiva. Se trata pues de la variedad Típica de procedencia diferente. Es uno de los progenitores de la variedad Mundo Novo.

Tanabo.

Introducción de *C. arabica* procedente de la provincia de Kaffa en Etiopía; tiene hojas grandes, ovaladas, ramas primarias con un ángulo agudo que da un crecimiento semierecto. Produce en Colombia un 70% respecto al Borbón. Los granos son de forma elíptica alargada y de tamaño pequeño.

Típica. FIGURA 21

Es la variedad más conocida y descrita de *C. arabica*; se describe y se compara al final con las variedades comerciales Borbón y Caturra.

Variedad Colombia. FIGURA 22

La variedad Colombia está constituida por una mezcla de progenies avanzadas (F5) de plantas seleccionadas por su resistencia a las razas conocidas de roya y con

características de árbol, producción y calidad del grano similares a los de la variedad Caturra.

Dichas progenies provienen del cruzamiento entre plantas del Híbrido de Timor y la variedad Caturra y en ellas se ha combinado la resistencia del primero con el porte y las características comerciales del Caturra (ver Boletín Técnico No. 9 de 1984, para descripción detallada).

Variegado. FIGURA 23

En las variedades de *C. arabica* se encuentran, con alguna frecuencia, árboles cuyas hojas tienen una o más capas de células con plastidios anormales que dan a la hoja un color claro o blanco en sectores de ésta, presentando un aspecto mármolado y a veces deformación de la hoja. Figura 24. Este es un carácter de herencia citoplásmica, es decir, no se transmite por el polen. Se obtienen plántulas variegadas sólo si se cogen semillas de las axilas de hojas variegadas pero éstas originan también plantas normales. Existen diversos tipos de variegación; desde un alto grado de albinismo que afecta hojas y ramas, hasta la variegación simple descrita arriba. En la colección de Cenicafé hay plantas de estos dos tipos.

Villalobos.

Plantas encontradas en Costa Rica en poblaciones de Típica. Son de porte pequeño similar al Caturra, entrenudos cortos y poco crecimiento. Es comercial en algunas regiones de Centroamérica. Posee flores y frutos similares a los Típica.

Wollamo (213454).

Introducción de *C. arabica* de origen etíope. Algunos de sus árboles se han reportado con el factor SH2 de resistencia a roya.

Zeghie.

Introducción de *C. arabica* recolectada por Sylvain en las cercanías del Lago Tana, Etiopía. El árbol es de porte bajo, ramas semierectas de ángulo más o menos agudo y hojas alargadas pequeñas. Los frutos tienen manchas longitudinales de color rojo intenso, similares a las de los frutos de algunas especies diploides. Pobremente adaptado en Colombia; tiene una producción baja y un bajo porcentaje de granos grandes. Las semillas son de forma elíptica alargada.

Pichilingüe.

Híbrido natural entre *C. arabica* y *C. canephora* aparecido en la estación experimental de Pichilingue, Ecuador. Fue traído a Colombia, como la mayoría de variedades y especies, a través del IICA de Costa Rica. Las plantas existentes en Colombia son semejantes a los representativos de la especie *C. canephora*.

Polysperma.

Variedad de *C. arabica*. Es una mutación debida a un par de genes de dominancia incompleta. Es un arbusto de porte medio; tanto en los tallos como en las ramas se presenta fasciación, y proliferación de ramas y hojas a partir de un nudo (lo normal es un par de ramas u hojas opuestas por nudo). Las hojas son normales, verticiladas, de poco menor tamaño que las de Típica. Las flores tienen de 7 a 17 pétalos, estambres múltiples, estilo con numerosos estigmas y ovario achatado multilocular, lo que da origen a frutos grandes que tienen varias semillas (de 4 a 14), cuneiformes, mal formadas y de tamaño variable.

Psilanthopsis kapakata (*C.kapakata*). FIGURA 6

Especie originaria de Angola. En un principio se clasificó como un género diferente al *Coffea*: *Psilanthopsis*; pero los investigadores brasileños proponen que se clasifique dentro del género *Coffea* basados en que esta especie se cruza exitosamente con otras especies de *Coffea* como *C. arabica*, *C. canephora*, *C. eugenoides* y *C. dewevrei*.

La planta es un arbusto de crecimiento reducido e irregular con ramificación abundante, entrenudos cortos, hojas pequeñas, ovaladas, de color rojizo más intenso en los brotes tiernos y de consistencia dura. Los frutos son pequeños con estrías protuberantes que van de uno a otro extremo del fruto. El fruto inmaduro es de color amarillo verdoso y maduro de color anaranjado. Figura 7. Las flores son típicas del género *Coffea*, lo mismo que las semillas las cuales son pequeñas y ovaladas.

Purpurascens.

Variedad de *C. arabica*; es probablemente una mutación de Típica. Los arbustos son de porte medio, con ramas más finas que las de Típica y entrenudos cortos. Las hojas son de menor tamaño que las de Típica y de color rojizo, intenso en los

brotes nuevos y verde oscuro o levemente rojizo cuando están maduras. Las flores son pequeñas, de color rosado y los frutos de menor tamaño que los de la variedad Típica: tienen color verde rojizo con estrías o rayas de color púrpura. Es útil como marcador genético.

Purpurascens x guayaba.

Cruzamiento entre las variedades de *C. arabica*, Purpurascens y Guayaba. En las progenies se combinan el color púrpura de los órganos de Purpurascens y los sépalos persistentes de guayaba en los frutos.

Purpurascens x San Ramón.

Cruzamiento entre dos variedades de *C. arabica* cuyos árboles combinan el color púrpura de los órganos con el porte pequeño, desarrollo limitado, entrenudos muy cortos y tipo de hoja del San Ramón.

San Bernardo.

Mutación dentro de la variedad Típica (*C. arabica*). Las plantas se asemejan al árbol de Típica pero con porte pequeño, así como el Caturra el cual sería un árbol de Borbón pero de tamaño reducido. Los órganos son similares a los de Típica pero los entrenudos son cortos. El crecimiento del árbol es limitado. Se cultiva comercialmente en Centroamérica; produce, como el Típica, buen porcentaje de semillas de tamaño grande y su producción es aceptable.

San Ramón.

Variedad de *C. arabica*, originaria de la región de San Ramón, en Costa Rica. Se caracteriza por el porte pequeño de sus arbustos, el crecimiento lento y por tener entrenudos extremadamente cortos y ramas laterales de tamaño reducido, lo que le da un aspecto muy compacto al árbol; las hojas son anchas, elípticas, un poco onduladas en su lámina y generalmente asimétricas. El fruto es pequeño y el rendimiento bajo. En general las plantas son poco uniformes en tamaño.

San Pacho (Caturra x San Bernardo)

Es el resultado de la recombinación de dos pares de genes que determinan entrenudos cortos: el Caturra y el San Bernardo. La selección, a partir de cruzamien-

Kent, a principios del siglo. Las progenies se escogieron, en estos países, por su alto rendimiento y resistencia a varias razas de roya. De él se derivan las selecciones KP, F y H de Kenya, y BA de la India. Las características de estos árboles son intermedias entre Borbón y Típica, quizá más cercanas a esta última. Se le atribuye alguna susceptibilidad a la enfermedad de los frutos CBD (*Colletotrichum coffeanum*).

Hay en la colección de Cenicafe una línea de hojas angostas (angustifolia); es probablemente un aneuploide (número incompleto de cromosomas).

Laurina.

Mutante de *C. arabica* originaria de las Islas Reunión (Borbón). Arbusto de porte bajo, ramificación densa, entrenudos cortos, hojas más pequeñas que las de la variedad Típica, frutos alargados, puntiagudos en la base y semillas puntiagudas en uno de sus extremos. Algunas de sus progenies han tenido buena producción, pero la forma de la semilla no es comercial. En el Brasil se mostró muy resistente a las sequías prolongadas en las cuales no perdió sus hojas. Las características de "Laurina" son controladas por un par de genes recesivos de efecto pleiotrópico.

Maragogipe.

Variedad brasilera de *C. arabica*, que debe su nombre al municipio donde fue encontrada; originada probablemente por mutación en la variedad Típica. Esta variedad presenta, en todos sus caracteres, dimensiones mayores que las otras variedades de *C. arabica*: entrenudos largos, ángulo de la rama muy amplio, ramificación secundaria y terciaria escasa, hojas pendientes y grandes de base obtusa, ápice acuminado y lámina coriácea ondulada. Las flores son grandes, los frutos alargados, grandes y de disco saliente. La característica de frutos grandes llamó la atención en un principio a los cultivadores, pero luego hubo decepción debido a la baja productividad y a los problemas para su despulpado; en Colombia se cultiva en alguna extensión en Antioquia. Sus características se deben a un par de alelos dominantes.

Moca o Mokka.

Variedad de *C. arabica* de origen confuso. La descripción original se basa en plantas de Java. Las flores son pequeñas y los frutos son los más pequeños conocidos dentro de la especie *C. arabica*. Las características están definidas por la unión de

los caracteres genéticos mokka (mo mo) y laurina (lr lr). Su grano tuvo una alta cotización en los mercados Europeos.

Mundo novo Brasil.

Es la variedad de *C. arabica* más cultivada y productiva en el Brasil. Se originó probablemente de un cruzamiento entre el Nacional "Sumatra" (Típica) y Borbón. Presenta órganos con características similares al Típica pero más vigorosos, y hojas de mayor tamaño. En Colombia tiene producciones similares al Borbón. El tamaño del grano es comparable al de Típica. Es uno de los progenitores de la variedad Catuai.

Murta. FIGURA 14

Variedad de *C. arabica*. Probablemente una mutación dentro de la variedad Borbón con la combinación de los genes de enana en forma heterocigota (Na na). Fue encontrada en el Brasil. Las características de las plantas, son las siguientes: arbustos de porte medio y entrenudos más o menos cortos; hojas pequeñas, intermedias entre las de Enana y Borbón, con nervaduras muy notorias. Los frutos son de tamaño normal y la producción es la mitad de la de Borbón.

Se ha usado principalmente en estudios de genética para identificar si una variedad está relacionada con Borbón o con Típica. Al ser cruzada con Murta la variedad que se quiere clasificar, aparecen en la segunda progenie diferentes tipos de árboles según el grupo a que pertenezca la variedad en estudio.

En las plantas de Murta aparecen frecuentemente ramas con hojas similares a las de la variedad Borbón; ésta es una mutación somática. Chevalier lo denominó Myrtifolia.

Paturro.

Arboles procedentes del cruzamiento hecho en Cenicafe entre dos variedades de *C. arabica*: Caturra y Maragogipe. Predominan en éste las características de hojas y frutos grandes propias del Maragogipe. El porte del árbol es intermedio, más cercano al Caturra debido a los entrenudos cortos. Comercialmente no es bueno debido a que conserva la baja productividad del Maragogipe.

Enana. FIGURA 10

Variedad de *C. arabica*. Es un arbusto de crecimiento muy limitado (enano), de entrenudos muy cortos, hojas muy pequeñas, muy pocas flores y frutos normales. El gene enana parece ser inestable, por esta razón se encuentran ramas de tipo Murta o Borbón (mayor tamaño) sobre plantas de Enana. Las plantas de Enana aparecen como producto de la segregación de la variedad Murta, la que produce árboles de tipo Borbón, Murta y Enana al autofecundarla. La presencia de plantas Enana se obtiene cuando el gene de enanismo (na) está en forma homocigota recesiva (na na). En Murta, el gene na está en forma heterocigota (Na na) y en Borbón, homocigota dominante (Na Na). Además del valor genético posee características ornamentales.

Erecta (Cramer).

Variedad de *C. arabica* cuya principal característica es la posición de las ramas laterales primarias, las cuales presentan crecimiento ortotrópico (erecto) en vez de ser horizontales o pendientes como en las demás variedades. El ángulo que forman las ramas con el tallo es de aproximadamente 25°, característica que la diferencia del resto de variedades de *C. arabica* en la cual el ángulo más común es de 65°. En las demás características se asemeja a la variedad Típica. En la colección de Cenicafé las plantas introducidas con esta denominación no presentan crecimiento erecto de sus ramas.

Erecta Cenicafé. FIGURA 11-12

Variedad de *C. arabica* encontrada y clasificada en Cenicafé, como una mutación de la variedad Caturra. Es una variedad de entrenudos cortos y ramas largas de crecimiento vertical; el ángulo de salida de las ramas primarias es de 30° mientras en la variedad Caturra es 53°. Las hojas son ovaladas de mayor tamaño que en las de Caturra; la producción y el tipo de grano son similares a los de esta variedad. El carácter erecta, es debido a un par de factores dominantes (Er Er). Se diferencia de la variedad Erecta descrita por Cramer en el porte bajo y en el tipo de hojas.

Guayaba.

Variedad de *C. arabica* con características de porte, ramificación, tipo de hojas y semillas similares a las de la variedad Típica. Se distingue y debe su nombre al tipo

de flor la cual tiene caliz bien desarrollado, con cinco sépalos foliáceos, lanceolados, que permanecen en el fruto hasta que esté madura. Fue encontrada y descrita por primera vez en el Brasil; se considera que este es un carácter primitivo que se encuentra en forma menos notoria en algunas variedades etíopes.

Híbrido de Timor. FIGURA 13

Los árboles de esta introducción son progenies avanzadas de una única planta encontrada en una plantación de *C. arabica* en la Isla de Timor (sur de la India). Es un cruzamiento natural entre las especies *C. arabica* y *C. canephora*, seleccionado por su resistencia a las razas de roya conocidas. Tiene características predominantes de *Coffea arabica* con alguna semejanza al Mundo Novo, aunque se presentan árboles de diferente tipo, debido a su carácter de híbrido interespecífico. Es de producción variable en Colombia. Se usa especialmente en cruzamientos con variedades regionales dentro de los programas de incorporación de la resistencia a la roya a las variedades comerciales. Es uno de los progenitores de la variedad Colombiana.

Híbrido Kawisari

Árboles provenientes de la progenie del híbrido natural entre las especies *C. arabica* y *C. libérica* hallados y cultivados inicialmente en Java (Indonesia). Es importante por sus características de resistencia a la roya; su producción es reducida debido al alto porcentaje de granos vanos. Su apariencia general es intermedia entre ambos progenitores aunque algunos árboles se acercan más al fenotipo de *C. arabica*.

Kaffa(207629) S-12.

Introducción de *C. arabica*. Es una de las selecciones hechas por Sylvain en la provincia de Kaffa, en Etiopía; algunos de sus árboles se han reportado como portadores de los genes SH1 y SH4 de resistencia a la roya. Los árboles son de tipo diferente al Borbón y al Típica: de porte mediano, poco vigor y follaje de color más claro que el de Típica. Las hojas son angostas, elípticas y acanaladas.

Kent.

Proveniente de Kenia, en donde se cultiva en alguna extensión. Es una selección de *C. arabica* a partir de selecciones originales de Mysore, India, hechas por L. P.

densa. Aun cuando tuvo relativo éxito en el Africa por sus características de resistencia a roya, su cultivo fué abandonado prácticamente, prefiriéndose la especie *C. canephora* por sus mayores producciones, manejo más fácil y calidad de la bebida. En Cenicafé hay una colección de 15 líneas de *Coffea libérica*

***C. racemosa.* FIGURA 19**

Arbustos de tamaño pequeño y de hojas pequeñas, ovaladas y caducas. Los brotes son de color bronce intenso; los frutos y las semillas son escasos y muy pequeños. Es susceptible a todas las razas de roya conocidas y altamente resistente a la sequía y a las temperaturas altas.

C. salvatrix.

Especie diploide de crecimiento reducido. No es comercialmente importante por su escasa producción y el tamaño pequeño de los frutos y semillas. Es un arbusto de ramificación irregular y hojas pequeñas. Se encuentra creciendo espontáneamente en una zona muy limitada en la región sur de Mozambique (Africa).

***C. stenophylla.* FIGURA 20**

Especie diploide de crecimiento reducido, ramas delgadas, entrenudos cortos, hojas pequeñas alargadas y angostas, producción escasa y alta proporción de frutos caracoles. Los frutos maduros son negros. Esta especie es originaria de los bosques tropicales de Guinea, Sierra Leona y Costa de Marfil (Africa) y es muy poco cultivada. En el Brasil y en Colombia se encontró que esta especie presenta inmunidad al insecto minador de la hoja del cafeto. Se registra como una especie con alta calidad en taza y resistencia a *Hemileia* sp. pero susceptible a las enfermedades de la raíz.

Columnaris.

Variedad de *C. arabica* descubierta en Java. Se diferencia de la variedad Típica por su porte más elevado (en forma de columna), ramas numerosas y largas y tallo principal muy grueso. Tiene además baja producción. Las demás características son similares a las de Típica.



FIGURA 21 *C. arabica* var. Típica



FIGURA 22 Variedad Colombia



FIGURA 23 Arboles variegados de *C. arabica*



FIGURA 24 Hojas variegadas



FIGURA 17. *C. arabica* var. *Purpurascens*.



FIGURA 18 Hojas de *Purpurascens*



FIGURA 19 *C. racemosa*



FIGURA 20 *C. stenophylla*



FIGURA 13 Híbrido de Timor



FIGURA 14 *C. arabica* var. Murta



FIGURA 15 *C. liberica*



FIGURA 16 Floración de *C. liberica*



FIGURA 9 *C. dewevrei*



FIGURA 10 *C. arabica* var. Enana



FIGURA 11 *C. arabica* var. Erecta Cenicafé



FIGURA 12 Floración de Erecta Cenicafé



FIGURA 5 *C. arabica* var. *Caturra*



FIGURA 6 *C. kapakata*



FIGURA 7 Frutos de *C. kapakata*



FIGURA 8 *C. congensis*



FIGURA 1 Vista de la colección. Cenicafé, Chinchiná



FIGURA 2 *C. arabica* var. *anormalis*



FIGURA 3 Arabusta
C. arabica x *C. canephora*



FIGURA 4 Hojas de *C. canephora*

***Coffea congensis* FIGURA 8**

Especie diploide. La introducción hecha a Colombia es muy similar a la especie *C. canephora*. Se le atribuye alguna relación con la especie tetraploide *C. arabica*: parece que ambas especies tuvieron un origen común. Se cruza fácilmente con *C. canephora*, produciendo híbridos con algún parecido a *C. arabica* pero más vigorosos. Algunos autores consideran que el *C. congensis* es una forma de *C. canephora* cultivada especialmente en el Africa. Se describe como de mejor calidad que *C. canephora* y con resistencia a la roya y al exceso de humedad.

***Coffea dewevrei*. FIGURA 9**

Especie diploide con árboles de gran tamaño y forma piramidal; hojas muy grandes, ovaladas y con nervaduras muy notorias en el envés. Flores grandes, a menudo rosadas, muy aromáticas. En los frutos se observa que el disco es notorio y la pulpa es gruesa y dura. Es una especie de formas variables; difícil de separar morfológicamente y genéticamente de *Coffea liberica*. Además tienen ambas una distribución similar a la de *Coffea canephora* en la región central africana. *C. dewevrei* se cultiva también en Java y Camerún. Se ha descrito el *Coffea exelsa* como un derivado de la especie *C. dewevrei*. Al *exelsa* se le atribuye resistencia a la sequía.

***Coffea eugenioides*.**

Especie diploide originaria de la región de los grandes lagos africanos de la cual se han descrito diferentes formas. Presenta árboles con resistencia a la roya, útiles por esa razón en programas de hibridación con *C. arabica*. Las plantas son de poco crecimiento, hojas muy pequeñas y fruto muy pequeño. Se registra como tolerante a condiciones desfavorables de suelo.

***C. liberica*. FIGURA 15**

Especie diploide variable en formas taxonómicas y caracteres morfológicos. A esta especie y al *C. dewevrei* se les considera como árboles de porte pequeño en lugar de arbustos, debido a su gran desarrollo. Tienen tronco grueso, hojas ovals elípticas muy grandes, coriáceas y flores generalmente de más de cinco pétalos y olorosas. Figura 16. Los frutos son grandes de disco prominente, pulpa gruesa y

Algunas variedades de *C arabica* y otras especies descritas en este boletín

que ocasiona producción muy escasa de frutos, debida a problemas de tipo genético (desequilibrio cromosómico). Se diferencian del Arabusta en que no se ha duplicado el Robusta (*C. canephora*) por lo tanto es un híbrido triploide. Esto híbrido es la base del programa de mejoramiento de *C. arabica* por hibridación interespecífica en Cenicafé.

Caturra x *C. congensis*.

Arboles provenientes del cruzamiento entre las especies *C. arabica* y *C. congensis* (especie diploide muy similar al *C. canephora*). En estas progenies híbridas predominan las características del Caturra.

Cera.

Variedad de *C. arabica* encontrada en el Brasil, muy similar a la variedad Típica en cuanto a las características del árbol, pero las semillas secas son de color amarillo "cera", diferentes a los granos de las demás variedades de *C. arabica* que son verde oliva. Se ha utilizado en estudios genéticos para determinar el porcentaje de polinización cruzada.

Chinchiná 21 (F 840) y 22 (F 502).

Selecciones de *C. arabica* hechas en Cenicafé a partir de las introducciones F 840 y F 502 procedentes de Etiopía y seleccionadas por su producción y resistencia a la roya (poseen el factor SH2). Los árboles son de porte alto y de características intermedias entre Borbón y Típica.

Cioccie S-6.

Introducción de *C. arabica* originaria de la localidad de Cioccie en Etiopía. Los árboles son de poca altura, ramificación semi-erecta, hojas similares a las del Borbón y baja producción. Poseen el factor SH4 de resistencia a roya.

Colombia. (ver Variedad Colombia)

***Coffea s.p.* AC-387**

Híbrido entre las especies *C. arabica* x *C. dewevrei*, encontrado y estudiado en el Brasil. Los árboles existentes en la colección de Cenicafé son progenies avanzadas del árbol híbrido natural, el cual posee el mismo número cromosómico que *C. arabica* y características notorias de esta especie. Se observa todavía gran variación entre uno y otro árbol y la influencia de la especie *C. dewevrei*, sobre todo en las hojas y los frutos. Se ha encontrado que algunos de sus árboles tienen resistencia a la roya.

***Coffea bengalensis*.**

Especie diploide de escaso desarrollo en nuestro medio, en donde tiene poca fructificación. Las plantas tienen hojas, flores y frutos pequeños. Es originaria de la India y presenta algún porcentaje de autofertilidad. Es de difícil adaptación a nuestra zona cafetera.

***Coffea canephora* (Robusta). FIGURA 4**

Es la especie diploide más cultivada en el mundo; se le conoce también como café Robusta. Está ampliamente distribuida en las zonas bajas ecuatoriales del África. En general tiene características muy variables debido a que es de polinización cruzada. Es útil en programas de mejoramiento de *Coffea arabica* por su rusticidad, buena producción y resistencia de algunas de sus líneas a plagas y enfermedades, especialmente la roya del cafeto y la enfermedad del fruto llamada CBD. Su bebida es de baja calidad y alto contenido de cafeína. Los árboles son vigorosos de copa amplia, hojas generalmente grandes, corrugadas y frutos pequeños. Se cultiva también en extensiones menores en algunos países de América. En Cenicafé existe una colección de 55 líneas de *C. canephora* de varios orígenes.

Purpurascens (*C. canephora*).

Variedad de *C. canephora* que presenta todos sus órganos aéreos de color púrpura el cual es más intenso en brotes y frutos tiernos. Figura 18. Las hojas y los frutos son pequeños y la planta tiene entrenudos cortos.

frutos irregulares, a veces con más de dos semillas por fruto (Polispermia). Los árboles tienen un aspecto más ancho que lo normal.

Anormalis. FIGURA 2

Mutación de *C. arabica* de muy rara ocurrencia. La mayoría de los órganos son anormales: hojas sumamente irregulares, subdivididas y también palmeadas, de tamaño variable, flores con número variable de pétalos, entrenudos de tamaño muy variable con 1 a 4 hojas por nudo, ramificación anormal. Los frutos son grandes con varias semillas anormales, corrugadas y alargadas.

Arabusta. FIGURA 3

Progenie resultante del cruzamiento entre *C. arabica* y *C. canephora* especie esta última diploide, a la cual se le duplicó el número cromosómico, obteniéndose luego del cruzamiento la forma Arabusta que es tetraploide y se asemeja más fenotípicamente a *C. canephora* que a *C. arabica*. El cruzamiento descrito es la base de los programas de mejoramiento de *C. canephora* (Robusta) en Costa de Marfil, África.

Barbuk Sudán.

Introducción de *C. arabica* originaria de la meseta de Bomma en el Sudán. Se dice de ella que sólo crece bien en tierras bajas y cálidas. Su ramificación secundaria es muy abundante y el fruto delgado tiene las semillas más largas encontradas en la colección ya que su longitud es mayor dos o más veces que su anchura.

Borbón.

Variedad de *C. arabica* originaria de las Islas Reunión, antes Islas Borbón. En la última parte de estas descripciones se comparan las características principales de las variedades comerciales más comunes en Colombia: Típica, Caturra y Borbón.

Borbón amarillo.

Es la forma de la variedad Borbón que posee el fruto amarillo.

Borbón x San Ramón.

Proveniente del cruzamiento entre las variedades de *C. arabica*, Borbón y San Ramón. En ésta predominan las características de la variedad San Ramón: entrenudos muy cortos y hojas anchas, elípticas y sinuosas. El crecimiento de la planta en general es muy limitado. El color púrpura del brote tierno de los árboles de esta línea proviene del cruzamiento inicial de Borbón por la variedad Purpurascens.

Catuai.

Línea proveniente de la selección de las progenies del cruzamiento entre las variedades de *C. arabica*: Caturra y Mundo Novo, hecho en el Brasil y seleccionado por su vigor y porte bajo. Las características externas del árbol son similares a las de Caturra, pero es más vigoroso. En Colombia no ha sobrepasado las producciones del Caturra. En el Brasil se cultiva comercialmente pues se adaptó mejor que el Caturra a los períodos secos.

Catuai amarillo.

Es la forma de fruto amarillo de la variedad Catuai.

Caturra. FIGURA 5

Mutante encontrado en el Brasil, derivado de la variedad Borbón. Tiene entrenudos cortos y porte bajo. Se describe con más detalle al final de esta publicación.

Caturra amarillo.

Caturra de fruto amarillo.

Caturra x *C. canephora* (triploide).

Arboles provenientes del cruzamiento directo entre las especies *C. arabica*, variedad Caturra y *Coffea canephora*. En general se combina en ellos los caracteres de ambos progenitores. Estos árboles sobresalen por su vigor y alta esterilidad,

Otras variedades de esta especie corresponden a selecciones efectuadas dentro de cultivares (Mundo Novo, Amarillo Chinchiná, etc.) y algunas pocas provienen de cruzamientos (Catuai). La mayor parte de estas mutaciones han sido descritas por los investigadores brasileños; muchas de ellas no tienen valor comercial pero se conservan como una reserva de tipo genético.

Todas las variedades de esta especie tienen 44 cromosomas y en razón a que son autofértiles (se fecundan con polen de la misma planta) son bastante homogéneas, generalmente. Además, se caracterizan porque producen un tipo de bebida conocida como "café suave".

La región cafetera Latinoamericana está cultivada casi exclusivamente con variedades de esta especie, entre las cuales, la variedad Típica es la más sembrada. En Colombia en un 67^o/o del área cafetera, aproximadamente.

- B. Especie diploide. Un gran porcentaje de ésta es originario del África Ecuatorial. Este grupo lo forman las especies de 22 cromosomas, las cuales son en su mayoría autoestériles (se fecundan con polen proveniente de otras plantas), razón por la cual son muy heterogéneas. Se cultivan principalmente en el África y producen el tipo de bebida conocida como "café amargo". Son éstas las denominadas Robustas Africanas.

Hasta el momento se han descrito numerosas especies diploides, de las cuales las más conocidas son: *C. canephora* Pierre, *C. eugenioides* Moore, *C. congensis* Froehner, *C. liberica* Bull y Hiern, *C. dewevrei* De Wild y Durand, *C. racemosa* Loureiro y *C. salvatrix* Swynnerton y Philipson. Entre éstas, la especie *C. canephora* es la única que se cultiva en extensiones considerables y aporta cerca del 25^o/o de la producción mundial.

La colección de Cenicafé cuenta con las variedades más conocidas de la especie *C. arabica* y con las especies diploides más comunes. La mayoría de ellas no tienen valor comercial y unas pocas tienen valor genético por sus características de resistencia a plagas y enfermedades.

A continuación se presentan los rasgos sobresalientes de cada una de las especies y variedades de la colección. Se ordenaron alfabéticamente para facilitar la consulta.

Agaro erecta.

Introducción de *C. arabica* proveniente de Gimma, en el distrito de Kaffa, Etiopía. Las ramas primarias tienen un ángulo de salida del tronco muy agudo; esta condición persiste con el aumento de edad de las ramas, carácter genético denominado "erecta" para diferenciarlo de los demás sistemas de crecimiento de las ramas primarias de las variedades no erectas, en las cuales el ángulo de la rama aumenta con la edad. La mayoría de las introducciones y variedades de *C. arabica* pertenecen a este último grupo. La mutación erecta le da al árbol una forma redondeada característica.

Agaro kaffa.

Introducción de *C. arabica* procedente del distrito de Kaffa, en Etiopía. Rama de crecimiento semierecto y de ángulo agudo, fruto alargado de colores amarillo o rojo, y anaranjado en los híbridos. En la colección se identifica la línea con árboles de frutos anaranjados como Agaro Kaffa SB 87.

Amarillo Chinchiná.

Selección de *C. arabica* variedad Borbón, la cual se obtuvo en Cenicafé por su alta producción por árbol. Posee las características de grano de la variedad Típica, fruto amarillo cuando madura y brotes tiernos de color bronceado (el Borbón generalmente tiene los brotes tiernos de color verde).

Angustifolia.

Mutación de *C. arabica*. Debe su nombre principalmente a la característica de sus hojas que son angostas, alargadas, oblanceoladas, de base muy estrecha y consistencia coriácea; generalmente no tienen domacias. Los frutos son más largos que los de la variedad Típica. Esta característica foliar ocurre también cuando hay deficiencias cromosómicas (monosómicos $2n = 43$).

Anomala.

Mutación de *C. arabica* de rara ocurrencia, que tiene órganos anormales: hojas pequeñas, estrechas y de forma irregular, varios tallos, ramificación irregular, flores y

ESPECIES Y VARIEDADES DE CAFE

Francisco Javier Orozco-Castaño*

La colección de variedades y especies se inició en Cenicafé aproximadamente en 1950 y en la actualidad posee cerca de 800 introducciones, la mayoría de las cuales se encuentran en Naranjal; en Cenicafé se tiene una muestra de las principales especies y variedades.

Taxonómicamente el café pertenece a la familia de las rubiáceas y al género *Coffea*.

Las rubiáceas agrupan otras especies importantes, tales como la quina y la ipecacuana, las cuales, en general, contienen productos que actúan sobre el sistema nervioso del hombre.

Hay dos grandes grupos en el género *Coffea* según su número cromosómico. Estos son:

- A. Especie tetraploide: Cuyo único representante es la especie *Coffea arabica* L. Originaria de Etiopía y oriente africano, es la especie cultivada más importante ya que el 70% de la producción mundial proviene de ella. Se compone de numerosas variedades, algunas de las cuales corresponden a mutaciones naturales encontradas en plantaciones comerciales o en colecciones de centros experimentales. Algunas de estas mutaciones afectan uno o más caracteres de importancia económica (gene Caturra, gene Maragogipe, etc.); otras afectan caracteres de poca importancia como el gene Cera que determina el color de las semillas de esta variedad, y otras, sólo tienen valor científico como el gene Enana empleado en estudios genéticos.

* Asistente de la Sección de Fitomejoramiento del Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.

CONTENIDO

	Página
ESPECIES Y VARIEDADES DE CAFÉ	1 - 25
FIGURAS	9 - 16
CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES DE <i>C. arabica</i> CULTIVADAS EN COLOMBIA	26
CARACTERÍSTICAS COMERCIALES	27
Producción por árbol	27
Tamaño del grano	27
Forma del grano	28
BIBLIOGRAFÍA	29

Una Publicación de la Sección de Divulgación Científica

Cenicafé

EDITORES

Jose Velez Marulanda, I. A.
Hector Fabio Ospina Ospina, I. A. M.S.

COMPOSICIÓN

Edith Vera de Marín

ARTE Y MONTAJE

Maria Helena Estrada Gómez

Editado en Marzo de 1987

INTRODUCCION

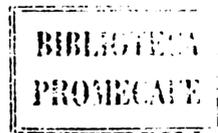
Para la ejecución de trabajos en mejoramiento genético de las plantas es esencial tener una colección de germoplasma (variedades y especies) lo más completa posible. Desde la fundación de CENICAFE, la Federación Nacional de Cafeteros inició la colección de especies y variedades de café, introduciendo materiales de diverso origen y numerosos países. En la actualidad, se cuenta con una de las colecciones más completas de latinoamérica.

*Algunas de estas especies y variedades han sido estudiadas y descritas especialmente por los investigadores brasileños. Las introducciones de *C. arabica* de origen etiope son numerosas (en Cenicafé se tienen más de 500) y no han sido estudiadas. En el presente boletín se describen las características sobresalientes de los materiales más estudiados existentes en la colección.*

*La mayoría de las especies y variedades de la colección no tienen importancia comercial pero muchas de ellas poseen valor genético, algunas han sido de mucha importancia para los trabajos de incorporación de la resistencia a roya (*H. vastatrix*) cuyo resultado más sobresaliente es la reconocida Variedad Colombia.*

También existen otros materiales descritos y estudiados en Colombia, tales como la variedad Erecta Cenicafé.

Esperamos que esta descripción sea de utilidad en los trabajos de mejoramiento del cafeto, con el fin de producir materiales con resistencia a plagas y enfermedades que redunden en beneficio del caficultor colombiano.



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 1988 - 1988

PRINCIPALES

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

SUPLENTE

Octavio Arizmendi Pomda
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

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

SUBGERENCIA GENERAL TECNICA

Centro Nacional de Investigaciones de Café

Cenicafé

CHINCHINA - CALDAS - COLOMBIA

**DESCRIPCION DE
ESPECIES Y VARIEDADES
DE CAFE**

PROGRAMA REGIONAL PARA LA PROTECCION Y MODERNIZACION DE LA
CAFICULTURA EN MEXICO, CENTROAMERICA, PANAMA Y
REPUBLICA DOMINICANA

PROMECAFE

(Proyecto IICA/AID)

✓ CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE SELECCIONES DERIVADAS DE
CRUZAMIENTO ENTRE EL HIBRIDO DE TIMOR Y LAS
VARIETADES CATURRA, VILLASARCHI Y CATUAI ^{1/}

Por: Anibal Bettencourt ✓
Especialista del CIFC, Portugal

Jorge Hernán Echeverri R.
Traducción

Septiembre, 1984

^{1/} Este trabajo fue presentado en el Simposio sobre Royas del Cafeto, OEIRAS 17-20 octubre/1983. Portugal.

** La designación de cada sigla se indica anexo, al final del trabajo.

1. INTRODUCCIÓN

Se dispone ya de información valiosa sobre el comportamiento, en diferentes zonas de América Latina, de cafetos derivados de híbridos sintetizados en el CIFIC (Portugal) y en CENICAFE (Colombia), entre el HÍBRIDO DE TIMOR, con resistencia al Hemileia vastratrix y las variedades comerciales de Coffea arábica, denominadas: CATURRA, VILLASARCHI Y CAIUAL (CIFIC Hw 26, H 46, CIFIC H 361, CIFIC H 528 y CIFIC H 529 y CENICAFE CCC 135 CCC 48-1574) ^{2/}.

Los datos para las selecciones de los híbridos serán tomados en numerosos experimentos establecidos por instituciones del Brasil: EPAMIG, UFV Y ESAL (agrupadas en el Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuaria de Minas Gerais), IBC, IAC, e IAPAR; instituciones y países que cooperan dentro de PROMECAFE: CATIE y OFICINA DEL CAFE-MAG de Costa Rica; ISIC de El Salvador, ANACAFE, COMISION ROYA y FEDECOCAGUA de Guatemala IHCAFE de Honduras, INMECAFE e INIA de México; DGTA de Nicaragua; MIDA de Panamá y SEA de República Dominicana; y de Venezuela: UCV y CIARLA.

Del material resultante del híbrido CENICAFE la toma de los datos está por obtenerse, no sólo en este Centro de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, sino también por las instituciones antes mencionadas.

En todos los programas de las instituciones antes anotados se da prioridad a las selecciones de cafetos de porte bajo con resistencia al Hemileia vastatrix, esta última analizada localmente y en la UFV con las razas prevalencientes en cada región, o en el CIFIC con las 30 razas en su colección.

En este trabajo se procura realizar una evaluación general del material ya seleccionado con base en observaciones realizadas "in loco" y en los registros de los ensayos sobre la producción, adaptabilidad, vigor, porcentaje de frutos vanos y granos caracol, resistencia al Hemileia vastatrix y el comportamiento a otras plagas y enfermedades. Se analizan también las perspectivas futuras de algunas de las selecciones que podrían constituir a mediano y largo plazo, una alternativa de interés económico para las variedades tradicionales de Arabica, altamente susceptibles al Hemileia vastatrix.

2. ORIGEN DEL MATERIAL EN ESTUDIO

El material considerado en este trabajo se originó de los siguientes 6 híbridos, sintetizados en el CIFIC (Portugal) y en

^{2/} La designación de cada sigla se indica anexo, al final del trabajo.

CENICAFE (Colombia), CIFIC Hw 26= CATURRA ROJO CIFIC 19/1 x HIBRIDO DE TIMOR CIFIC 832/1.

CIFIC H 46=CATURRA ROJO CIFIC 19/1 x HIBRIDO DE TIMOR CIFIC 832/2.

CENICAFE H= CATURRA AMARILLO CCC 135 x HIBRIDO DE TIMOR CCC 48-1574.

CIFIC H 361=VILLASARCHI CIFIC 971/10 x HIBRIDO DE TIMOR CIFIC 832/2.

CIFIC H 528=CATUAI AMARILLO CIFIC 2480/20 x CIFIC Hw 26/13.

CIFIC H 529-CATURRA AMARILLO CIFIC 1637/56 x CIFIC H 361/3.

Estos híbridos fueron sistematizados con el objeto de transferir los genes de resistencia al H. vastatrix existente en las tres plantas de HIBRIDO DE TIMOR. CIFIC 832/1, CIFIC 832/2 Y CCC 48-1574. (CIFIC 1343) a las variedades comerciales de porte bajo: CATURRA ROJO y AMARILLO, VILLASARCHI y CATUAI AMARILLO (3, 10). Las plantas de HIBRIDO DE TIMOR presentan resistencia a las 30 razas de H. vastatrix en la colección del CIFIC y están incluidas en el grupo fisiológico "A". El análisis genético de las descendencias derivadas del CIFIC 1343/269 efectuada por BETTENCOURT, WAGNER y LOPEZ (2) y de CIFIC (BETTENCOURT y LOPEZ, no publicado) con base en expresiones de resistencia específica, en relación a las razas XX11, XXIX, XXX y XXX1, dio la indicación de que la resistencia de esta planta está condicionada por 5 factores simples y dominantes S_H5, S_H6, S_H7, S_H8, S_H9, asociado con uno o más factores aún no identificados. Evaluaciones de la resistencia de los otros dos cafetos: CIFIC 832/2 y CCC 48-1574, indican que los genes mencionados también se encuentran en ellos.

Conviene también anotar que la expresión de la resistencia incompleta u horizontal, ha sido observada en IAC (15), UFV (12) y CIFIC en cafetos derivados del HIBRIDO DE TIMOR.

La introducción de las generaciones F₂ y F₃ en América Latina, de los híbridos CIFIC Hw 26 y H 46 a través de los Centros experimentales UFV, IAC Y CATIE se realizó a partir de 1970. En la UFV recibieron el nombre de CATIMOR, el cual también se aplica a la generación F₂ y descendencias del híbrido CCC 135 x CCC 48-1574 de CENICAFE distribuidas por los países de esa área.

Los otros híbridos CIFIC H 361, CIFIC H 528 Y CIFIC H 529 ingresaron en el continente americano a partir de ese mismo año por medio de esas instituciones: IAC, UFV, CATIE y CIARLA. Las descendencias siguientes a la F₁ recibieron en la UFV los nombres de SARCHIMOR, CAVIMOR y CACHIMOR, respectivamente (11, 10, 22).

3. EVALUACION GENERAL POR SUS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LAS SELECCIONES CATIMOR, CAVIMOR Y CACHIMOR EN ESTUDIO EN AMERICA LATINA.

3.1 CATIMOR (CIFIC Hw 26, CIFIC H 46 y CENICAFE CCC 135 x CCC 48-1574)

Los estudios ya realizados en los centros experimentales de

En América Latina para conocer el comportamiento, en diferentes ambientes, de numerosas descendencias F_3 y F_4 de los híbridos CIFIC Hw 26, CIFIC H 46 y GENICAFE OLO 135 x CCC 48-1574, permitieron seleccionar diversas poblaciones de cafetos que parecen servir como base para la obtención de una o más variedades de C. arabica menos afectada por Hemileia vastatrix que las variedades tradicionales. Se destacan las siguientes poblaciones:

- a) Descendencias F_4 de cafetos UFV 386 (F_3 de CIFIC Hw 26/5).

En ensayos con registros de producción comenzados en 1977 y 1979 en diversos ambientes del Estado de Minas Gerais, Brasil, fueron seleccionados por CHAVES, PEREIRA, BARTHOLLO, ZAMBOLIM, CRUZ FILHO et al (1, 11, 21, 23) del sistema Estadual de Pesquisas (EPAMIG-UFV-ESAL), las descendencias F_4 de prefijos UFV 1348 (UFV-386-58), UFV 1350 (UFV 386-54) UFV (1354 (UFV 386-30) y UFV 1359 (UFV 386-45) y por NETO, KAISER, PAULINO, PEREIRA, REIS, ALMEIDA et al (13, 18, 19) del IBC con los prefijos FEX 242-1 (UFV 386 c. 798), FEX 242-4 (UFV 386 c. 900 y UFV 386-95).

El comportamiento de estas progenies durante los primeros años de producción fue excepcionalmente favorable en los diferentes ambientes donde se estudiaron. Altas producciones, muchas veces superiores a las del testigo CATUAI y MUNDO NOVO, uniformidad para el tamaño bajo (CtCt), vigor y conformación de la copa (semejante al CATURRA), bajo porcentaje de frutos vanos, y granos caracol, buen tamaño de grano y elevada resistencia a las razas de H. vastatrix con mínima ocurrencia de plantas con lesiones esporuladas en pruebas hechas en CIFIC (3, 12), son algunas de las características de estos materiales. Sin embargo, al final de ese período inicial de buenas producciones entre los 4 y los 6 años dependiendo del ambiente esas descendencias sufrieron una acentuada pérdida de vigor, al punto de que algunas de las plantas que la constituyen se agotaron en forma irreversible. En estas condiciones donde fueron probadas no podrán dar origen a una nueva variedad comercial, ya que se comportan como la variedad CATURRA, donde no es aceptada por la caficultura. Para esto necesitaría o de una selección para mejor adaptabilidad o de fertilización y prácticas Culturales capaces de impedir o atenuar esta disminución precoz de vigor, defecto que no se da en el CATUAI.

Progenies F_3 de cafetos de estas poblaciones se encuentran en experimentos en el Brasil y fue a partir de 1977 que se hizo la introducción al CATIE (Costa Rica) con los prefijos T 8654 al T 8656 (para derivados de UFV 1350), T 8657 al T 8658 (UFV 1354), T 8659 a T (8664 (UFV 1359) y T 8665 a T

8667 (UFV 1348) y de allí difundida por los centros experimentales que integran al PROMECAFE. Material de origen semejante se encuentra en otros países de AMERICA LATINA (Venezuela, Ecuador, Perú, Cuba, etc).

En este momento hay un elevado número de progenies F_3 y F_6 de este material, de reciente establecimiento en diferentes ambientes de cada país, que darán en el futuro información segura sobre su comportamiento, en condiciones muy diferentes a las del Brasil.

b. Progenies F_4 de cafetos UFV 395 (F_3 de Hw 26/5).

Las progenies F_4 de prefijos UFV 1603 (UFV 395-141) y UFV 1608 (UFV 395-07) fueron seleccionadas en los experimentos, referidos en a) del Sistema de Pesquisas EPAMIG -UFV-ESAL y las de prefijos FEX 246-3 (UFV 395 c. 838) en los del IBC (19, 23). En las condiciones donde fueron probados mostraron no estar tan sujetos a la pérdida de vigor después de algunos años de producción, como ha ocurrido con las progenies derivadas de la UFV 386 (numeral a). Al final de 6 cosechas su producción promedio pasó tanto a las de esas descendencias como la de los testigo CATUAI y MUNDO NOVO (23). La conformación de la copa de estos materiales se parece a la del CATUAI.

Como, no obstante, se trata de material que aún no se encuentra fijo el tamaño de planta y defectos de frutos vanos, hay necesidad de sacar de él descendencias F_6 , homocigotas para el gen Ct, el cual será estudiado por aquellas instituciones del Brasil y aún por los centros experimentales de los países que conforman PROMECAFE (prefijos T 8672, T 8673, etc).

En lo que se refiere a resistencia al Hemileia vastatrix, cualquiera de las progenies F_4 antes mencionada, presentó un comportamiento muy favorable en las pruebas realizadas en la UFV (12).

c. Progenies F_4 del cafeto 62 de la UFV 392 (F_3 de Hw 26/5).

La progenie F_4 de porte alto UFV 1541 (UFV 392-62) seleccionada igualmente en los experimentos de la EPAMIG-UFV-ESAL merece mención por el hecho de mostrar un comportamiento promisorio, semejante al de las descendencias derivada de la UFV 395 (23).

No obstante, el programa de estas instituciones de prioridad a las selecciones de porte bajo, en consideración a las

características agronómicas de la descendencia, asociada a su aceptable resistencia al H. vastatrix, se cree de interés el estudio de materiales derivados de las mejores plantas, en diferentes ambientes.

- d. Descendencias F_3 del cafeto 17 de la UFV 27 (F_2 de CENICAFE CCC 135 x CCC 48-1574).

Los experimentos instalados por el sistema de Pesquisas (EPAMIG-UFV-ESAL) permitieron seleccionar la progenie UFV 2000 (UFV 27-17) de la F_3 del híbrido. Esta descendencia, que es homocigota para el gen Ct, mostró, con base en 6 años de cosecha, tener una producción muy próxima a la del CATUAI y sin acentuada pérdida de vigor, y aún con resistencia al H. vastatrix muy buena (12, 21).

Experimentos establecidos con las descendencias mejores de la UFV 2000 por la EPAMIG-UFV-ESAL y por el IBC permitirán una mejor caracterización de este material, especialmente en el aspecto agronómico. Las plantas de porte bajo, en cuanto a la formación de la copa se refiere, se aproxima más al CATUAI, de que al CATURRA.

- e. Descendencias F_3 de cafetos UFV 180 (F_2 de CENICAFE CCC 135 x 48-1574)

Las progenies F_3 de prefijos UFV 2044 (UFV 180-167), UFV 2047 (UFV 180-39), UFV 2051 (UFV 180-75 y UFV 2057 (UFV 180-109, conforman otras poblaciones seleccionadas por el sistema EPAMIG-UFV-ESAL.

No obstante, su comportamiento es promisorio después de 6 cosechas (21) se hace necesario aún fijar varias características agronómicas, en especial: tamaño y presencia de frutos vanos y granos caracol. Con este objetivo ya fueron establecidos, por estas instituciones experimentos, con numerosas descendencias derivadas de este material. En lo que se refiere a la resistencia al H. vastatrix y a su comportamiento, no habrá dificultad en la selección de esas características.

- f. Descendencias F_3 de cafetos seleccionados en la F_2 de CENICAFE CCC 135 x CCC 48-1574.

Varias descendencias F_3 de este híbrido fueron seleccionados por CASTILLO y MORENO en experimentos por 4 años de producción, establecidos en centros experimentales de la FEDERACION DE CAFETEROS DE COLOMBIA (10).

Se observó que el material ya es homocigoto para el gen Ct, presenta un nivel de producción semejante al de la variedad CATURRA utilizada como testigo. Sin embargo se observa aún

una amplia variabilidad genética entre progenies y entre plantas de cada descendencia para las siguientes características: productividad, adaptabilidad, conformación de la copa, tamaño y defectos del grano y resistencia al H. vastatrix (pruebas realizadas en el CIFIC) (10)..

Con base en este material constituyó un "Cultivar compuesto", procediendo a mezclar mecánicamente semillas de los mejores F_3 y F_4 (esta población recibió el nombre de "VARIEDAD COLOMBIA" y fue introducida en el CATIE, bajo el prefijo T 11670)

Se considera que a través de nuevas selecciones será posible mejorar las características agronómicas de este material. El análisis de su resistencia a la roya indica que está condicionada por los genes S_H ya identificados en el HIBRIDO DE TIMOR, los cuales ciertamente están asociados a otros genes unidos a expresiones de resistencia completa e incompleta.

g. Descendencias F_3 de cafetos T 5159, T 5175, T 5269 (F_2 de Hw 26/13) y de T 5155 de CENICAFE CCC 135 x CCC 48-1574).

Las selecciones realizadas por ECHEVERRI (14) en las introducciones T 5155, T 5159, T 5175, y T 5269 en la colección de germoplasma del CATIE permitió obtener varias progenies F_3 , que están en observación por los centros experimentales de los países del PROMECAFE.

Como sólo se tienen registros de un reducido número de años, no es posible aún, hacer una evaluación de su comportamiento. Es sin embargo posible desde ahora destacar la descendencia homocigota para el gen Ct: T 5175 (1-4), que parece ser bastante promisoria en el campo y que presenta buena resistencia al H. vastratix (4).

h. Otras descendencias en estudio

Además de las descendencias F_3 y F_4 anotadas, muchas otras son consideradas en la investigación de mejoramiento del café en América Latina, incluyendo las derivadas de UFV 27 (F_2 de CCC 135 x CCC 48-1574), UFV 352 (F_2 de Hw 26/7, UFV 353 (F_2 de Hw 2613), UFV 387 y UFV 417 (F_3 de Hw 26/5), UFV 421 (F_3 de H 46), etc.

3.2 SARCHIMOR (CIFIC H 361).

Existen registros de un número suficiente de años del comportamiento, en diferentes ambientes, de la descendencia F_2 de CIFIC H 361 que permiten concluir que este material constituye una buena base de selección de una variedad

comercial menos afectada por H. vastatrix, que las variedades comerciales tradicionales.

- a. Descendencias F_2 UFV 349 y UFV 350, derivados de los cafetos CIFC H 361/1 y CIFC 361/1 y CIFC H 361/4, respectivamente.

Teniendo en cuenta los registros de producción, iniciados en 1974 para las descendencias UFV 349 y UFV 350, FERREIRA, BARTHOLO y CHAVES (20) seleccionaron en la UFV varias descendencias F_3 , actualmente en evaluación en diferentes ambientes. Las plantas matrices F_2 se mostraron muy promisorias en cuanto a productividad, vigor, uniformidad de maduración de los frutos y resistencias al Hemileia vastatrix (1,20)

- b. Descendencias F_2 IAC 1668 y IAC 1669, derivados de los cafetos CIFC H 361/1 y CIFCH H 361/4, respectivamente.

Las progenies F_2 IAC y IAC 1669, fueron evaluadas en Campinas, Brasil, a partir de 1974 en 3 experimentos establecidos por CARVALHO, COSTA y FAZUOLI en suelos de baja fertilidad (7). Al final de los 8 años de cosecha la producción de IAC 1699 fue bastante mejor que la del IAC 1668, pero inferior a la del testigo CATUAI. Esta descendencia presentó mejor adaptación al medio con 0% de plantas muertas (fallas) después de 5 cosechas y 11% después de 11, a seguir el CATUAI que tuvo 0%. Durante este período las plantas no tuvieron ningún tratamiento fitosanitario y sólo recibió la fertilización mínima necesaria para su manutención.

Descendencias F_3 , más promisorias se encontraron en experimentos en diversos ambientes del Brasil y de otros países de América Latina, con el objeto de seleccionar material más adaptado a las diferentes condiciones. En el IAPAR, ya fue posible a SERA, CARDOSO y ANDROCIOLT obtener datos sobre este material (IAPAR 74010. 75163, etc...) que indican no solo tener una buena adaptabilidad, sino además ser portadores de genes de resistencia al H. vastatrix y aún a Fusarium oxysporium y a Pseudomonas syringae p.v. garcae (5,6,24). Igualmente fue encontrado tolerancia a 3 razas de Meloidogyne incognita (FAZUOLI, comunicación personal).

- c. Descendencia F_2 T 5269 de CIFC H 361/4.

A partir de cafetos T 5269 de la colección del CATIE fueron seleccionadas por ECHEVERRI (14) diferentes descendencias F_3 , que están siendo evaluadas en los diversos países de PROMECAFE. De éstas descendencias

parece destacarse a progenie T 5296 (1-2), homocigota para el tamaño bajo y con buena uniformidad considerable vigor, después de los primeros años de plantación.

3.3 CAVIMOR (CIFC H 528)

El estudio de numerosas descendencias de F_2 derivadas del CIFC H 528, realizado en diferentes ambientes y durante un período suficientemente largo, da indicios de que este material constituye otra base promisoría de selección por explorar en los programas de mejoramiento genético del café.

Se relacionan a continuación algunas de las progenies consideradas con mayor interés:

a. Descendencia F_2 de cafetos UFV 357 (F_1 de CIFC H 528)

En experimentos donde se llevan registros de producción iniciados en 1977, CHAVES PEREIRA, BARTHOLO, ZAMBOLIM, CRUZ FILHO et al (11, 22) del Sistema EPAMIG -UFV-ESAL, se seleccionaron las descendencias F_2 de prefijos UFV 1082 (UFV 357-29), UFV 1087 (UFV 357-53), UFV 1088 (UFV 357-59) y UFV 1096 (UFV 357-57).

Progenies F_3 , homocigotas para el tamaño obtenidas de las plantas más promisoras se encuentran ahora en evaluación en el Brasil por el Sistema de Pesquisas y aún por las instituciones de los otros países de América Latina.

b. Descendencias F_2 T 5305 y T 5306, derivados de los cafetos CIFC H 528/18 y CIFC H 528/21, respectivamente.

De las dos introducciones en la colección del CATIE, T 5305 y T 5306, ECHEVERRI (14) seleccionó diferentes descendencias F_3 , alguna de las cuales parecen ser promisorias, en los primeros años de campo. Se destacan la T 5305 (2-2) y la t 5306 (1-4), homocigotas para el gen Ct.

3.4 CACHIMOR (CIFC H. 529)

Esta combinación de prefijo UFV 351 (F_1 de CIFC H 529) está sometida a un estudio especial por parte del mencionado Sistema de Pesquisas del Brasil. En el momento presentan comportamiento de interés las progenies F_2 UFV 1000 y UFV 1001, derivadas de los cafetos UFV 351-13 y UFV 351-30, respectivamente, de las cuales será posible caracterizar en el futuro descendencias F_3 , homocigotas para Ct, con

perspectivas de dar una nueva variedad con resistencia al Hemileia vastatrix (19).

4. CONCLUSIONES

- a. La información experimental ya obtenida en la América Latina sobre las poblaciones CATIMOR, SARCHIMOR, CAVIMOR y CACHIMOR indican que, no obstante este material constituya un valioso y diversificado depósito de factores genéticos ligados a la productividad, vigor, resistencia a los patógenos H. vastatrix, Colletotrichum coffeaeum (CBD), Fusarium oxysporium, Pseudomonas syringae y a los nemátodos Meloidogyne exigua y M. incognita etc..., es necesario aún de un importante proceso de selección, en los diferentes ambientes de esas zonas, teniendo en cuenta básicamente la mejora de su adaptabilidad. Es de esperarse que a partir de la combinación CAVIMOR, resultante (del cruzamiento entre CATIMOR con la variedad CATUAI, haya mayores probabilidades de seleccionar progenies más satisfactorias en cuanto a ese aspecto (3,5,6,9,12,13,17 y 19).
- b. El proceso de mejoramiento genético de las poblaciones antes referidas deberá continuar fundamentalmente en las siguientes labores:
 - Selección en el campo de las plantas matrices de las diferentes combinaciones, con base en su producción, aspecto vegetativo, características del grano y resistencia completa (vertical) o incompleta (horizontal) al Hemileia vastatrix (análisis a través de inoculaciones de la planta o de su descendencia).
 - Eliminación en vivero de las progenies de esos cafetos que se mostraron poco vigorosas, no uniformes, con elevado número de plantas anormales, posiblemente aneuploides y de las más afectadas por cualquier patógeno, en comparación con las variedades comerciales.
 - Establecimiento de experimentos de descendencias. Deben colocarse 2 testigos de la misma variedad comercial, una con tratamiento y otra sin tratamiento contra H. vastatrix.

Debe anotarse que la probabilidad de verificar en descendencias de estas poblaciones la pérdida total de la resistencia al H. vastatrix deberá ser muy baja, teniendo en cuenta la naturaleza poligénica de esa resistencia. Si eventualmente eso ocurriera a

cualquiera de las descendencias, ésta podría tener interés sólo en caso, de que su productividad sobrepasara significativamente a la de las variedades CATUAI o MUNDO NOVO. Tal es el caso de las progenies de combinaciones entre MUNDO NOVO y CATUAI y cafetos portadores de los genes S_{H1} , S_{H2} , S_{H3} Y S_{H4} cuya productividad es 20 a 40% mayor que la de esos dos cultivares, en las condiciones de Campinas (8).

- c. De las poblaciones de CATIMOR, seleccionadas para el tamaño bajo y resistencia al H. vastatrix, ya se encuentran en condiciones para dar origen a las variedades comerciales, con un comportamiento agronómico semejante al del CATURRA. Ellas son las descendientes de las plantas: 45, 52 y 58 de la introducción UFV 386 (F_3 de CIFC Hw 26/5), de las plantas F_3 del híbrido CENICAFE CCC 135 x CCC 48-1574 (variedad compuesta COLOMBIA), y de la planta T 5175 (1-4) (F_3 de Hw 26/13). Sin embargo, hay aún necesidad de analizar su adaptabilidad en las diferentes zonas de América Central, México, Venezuela, Colombia, etc... donde el cultivo del CATURRA es posible mediante el uso de prácticas culturales adecuadas, especialmente: sombra, poda y fertilización.

Es preciso ahora seleccionar otro material con un comportamiento más cercano al del CATUAI, como son los derivados del UFV 1603 (F_4 de CIFC Hw 26/5), UFV 2000 (F_3 de CENICAFE CCC 135 x CCC 48-1574), de la F_3 de este último híbrido seleccionado en CENICAFE y de la UFV 1541 (F_4 de CIFC Hw 26/5), que se adapte no sólo a las regiones de esos países, sino también a los ambientes del Brasil, en cultivo a pleno sol y sin poda.

Para las poblaciones de SARCHIMOR hay buenas perspectivas para seleccionar variedades de tamaño bajo y con resistencia a H. vastatrix, a partir de IAC 1669 y T 5296 (1-2) (F_2 de CIFC H 361/4) de los cuales se espera mejor adaptabilidad que el CATIMOR.

Asimismo para las poblaciones de CAVIMOR (derivadas de UFV 1082, 1083, 1086, 1087, 1088, 1096, T 5305 (2 2) y T 5306 (1-4) F_2 de CIFC H 528 y de CACHIMOR (derivadas de UFV 1000 y 1001 F_2 de CIFC H 529), y en especial para la primera combinación, parecen existir datos que indican se trata de una base promisorio para la obtención a mediano plazo, de una o más variedades de tamaño bajo menos afectada por el H. vastatrix, que las variedades tradicionales de productividad y adaptabilidad semejante a la del CATUAI.

En estas poblaciones, la calidad de la bebida no debe ser problema ya que el análisis de las descendencias del HIBRIDO DE TIMOR, indica que sus características químicas y organolépticas son prácticamente idénticas al de las variedades tradicionales de Arabica (16,25).

- d. Queda finalmente por resaltar que a partir de las descendencias de estas combinaciones homocigotas para el Ct y uniformes para las principales características agronómicas, es posible obtener nuevas combinaciones genéticas a través de su cruzamiento, no solo con las selecciones regionales de las variedades tradicionales (CATURRA, CATUAI, VILLASARCHI, PACAS, MUNDO NOVO, BOURBON, etc.), sino también con otras plantas homocigotas derivadas de combinaciones portadoras de los genes S_{H1} , S_{H2} , S_{H3} , S_{H4} , simples o asociados. Para estas combinaciones se puede seguir el proceso usual de selección genealógica o intentar su aprovechamiento directo con el cultivo directo de las respectivas F_1 , en el caso de que pueda caracterizar un material altamente promisorio, en esta generación.

BETTENCOURT, A.J. 1977. Relatório sobre o melhoramento genético do cafeeiro e a seleção visando a resistência a Hemileia vastatrix (missão de 15/2/76 a 4/3/77). Universidade Federal de Viçosa. Brasil. 37 pp (mimeografado).

_____, NORONHA-WAGNER, M., LOPEZ, J. 1980. Factor genético que condiciona a resistência do clone 1343/269 (Híbrido de Timor) a Hemileia vastatrix Berk & Br. Broteria Genética. 1 (LXXVI): 53-58.

_____. 1981. Melhoramento genético do cafeeiro. Transferência de factores de resistência a Hemileia vastatrix Berk & Br. para as principais cultivares de Coffea arabica L. Centro Investigação Ferrugens Cafeeiro (CIFC/IICT). Lisboa: 93 pp.

_____, 1983. Directrizes básicas para la actividad de selección y mejoramiento genético del Coffea arabica conducido en las instituciones de los países del PROMECAFE y plan general de investigación para la unidad central de mejoramiento en el CATIE, Turrialba. Informe de asesoría al PROMECAFE 4 de abril/31 de julio 1983, Costa Rica: 94 pp.

CARDOSO, R.M.L. e SERA, T' 1981. Reação de materiais de diferentes espécies de Coffea a Fusarium oxysporum F. sp. Coffea (GARCIA) WELMANN, no Estado do Paraná-Brasil. 9º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 123-124.

_____ e _____, 1983. Obtenção de cultivares de Coffea arabica com resistência simultânea a Hemileia vastatrix e Pseudomonas syringae pv. garcae no Estado do Paraná-Brasil. Simpósio sobre Ferrugens do Cafeeiro (sumário). OEIRAS: 46.

CARVALHO, A., COSTA, W.M. da, FAZUOLI, L.C. 1981. Comportamento do HÍBRIDO DE TIMOR, de híbridos envolvendo esse cultivar e outras combinações com resistência a Hemileia vastatrix. 9º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. 182-185.

_____, FAZUOLI, L.C. e COSTA, W.M. 1983. Influência do germoplasma portador de factores genéticos de resistência vertical do cafeeiro a Hemileia vastatrix em cultivares de café. Simpósio sobre Ferrugens do cafeeiro (sumários das comunicações), CIFC, OEIRAS: 47-48.

- CARVALHO, A. TORALDO, L.C. & DE VUSSEN, H.A.M., 1970. Resistencia do cafeeiro as Colletotrichum coffeanum. 6º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Ribeiras Preto: 28-29.
- CASTILLO, A.J. & MORENO, R.G. 1980. Selección de cruzamientos derivados del HIBRIDO DE TIMOR en la obtención de variedades mejoradas de café para Colombia. Association Scientifique Internationale du Café: 16 pp.
- CHAVES, G.M., ZAMBOLIM, L. CRUZ FILHO, J. BETTENCOURT, A.J. PEREIRA, A.A..., e BARTHOLD, G.F. 1977. Campo de adaptaco e seleccao de cafeeiros com diferentes genótipos de resistência a Hemileria vastatrix Berk et Br. Projeto Café. 1975-77. (EPAMIG-UFV-ESAL), Belo Horizonte: 19-27.
- CHAVES, G.M., ALMEIDA, L.C. de PEREIRA, A.A. 1980. Resistencia vertical e horizontal a Hemileia vastatrix Berk et. Br., em geracoes F₄ e F₅ de cafeeiros CATIMOR. Projeto Café (EPAMIG-UFMG-UFV) Resumos de trabalhos: 197-185.
- DANTONIO, A.M., de PAULA, J. 1981. Comportamiento de diversas progênies de CATIMOR em relacao ao ataque de bicho mineiro Perileucoptera coffeella (Güerin Men. 1842). (ºCongresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras Sao Lourenco: 254-55.
- ECHEVERRI, R., J.H. 1980. Fitomejoramiento genético del café com ênfasis en resistencia a la roya (Hemileia vastatrix Berk & Br.) en México, Centroamérica y Panamá. IICA/PROMECAFE Série de Informes No. 201, San José, Costa Rica: 93 pp.
- ESKES, A.B., HOOGSTRATEN, J.G.J., TOMA-BRAGHINI, M., CARVALHO, A. 1983. Genetic studies on incomplete resistance to coffee rust (Hemileia vastatrix). Simposio sobre Ferrugnes do Caffeeiro (sumários), OEIRAS: 52-53.
- JACOMINI, I., KAISER, A.A.P.G. 1980. Observacoes preliminares sobre qualidade de bebida de diferentes seleccoes de café CATIMOR. 8º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Campos do Jordao: 288-290.
- MIGUEL, A.E., PEREIRA, J.B.D., NETO, K. de A. PAULINO, A.J. TEIXEIRA, A.A. 1980. Comportamento de plantas da linhagem CATICAR 242-4 de CATIMOR em relacao a susceptibilidade a Cercosporiose. 8º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Campos do Jordao: 69-71.

NETTO, K. de A., KAISER, A.A.P., PAULINO, A.J., D' Almeida, S.R., PEREIRA, J.B.D., REBEL, E.R. 1979. Algumas seleções de destaque do cultivar CATIMOR. 7º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Araxá (MG): 240-42.

NETTO, K. de A., KAISER, A.A.P., PEREIRA, J.B.D. e FERREIRA, A.J. 1981. Productividade de progênies de CATIMOR portadores de resistência ao nematóide M. exigua e ao fungo H. vastatrix. 9º Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, São Lourenço: 112-114.

PEREIRA, A.A., BARTHOLLO, G.F. & CHAVES, G.M. 1980. "SARCHIMOR" -Nova Cultiresistente à ferrugem do cafeeiro (Hemileia vastatrix Berk et Br.) Projeto Café (EPAMIG-ESAL-UFMG-UFV), Resumos de trabalhos: 170-174.

PEREIRA, A.A., BARTHOLLO, G.F., CHAVES, G.M. e ZAMBOLIM, e ZAMBOLIM, L. 1980. Comportamento de progênies de "CATIMOR" e "CATIMOR" na região de Vicososa e Ponte Nova, Zona da Mata de Minas Gerais. Projeto Café (EPAMIG-ESAL-UFMG-UFV), Resumos de trabalhos: 143-156.

_____, _____ e _____ 1980. Comportamento de cafeeiros da cultivar "CAVIMOR", selecionados na região de Ponte Nova e Vicososa, Zona da Mata de Minas Gerais. Projeto Café (EPAMIG-ESAL-UFMG-UFV), Resumos de trabalhos: 157-160.

_____, _____, MELLES C.C.A., CHAVES, G.M. e BETTENCOURT, A.J. 1980. Comportamento regional de progênies de "CATIMOR". Projeto Café (EPAMIG-ESAL-UFMG-UFV), Resumos de trabalhos: 157-160.

SERA, T., CARDOSO, R.M.L., ANDROCIOLI FILHO. 1983. Melhoria do cafeeiro para resistência a ferrugem "Hemileia vastatrix" nas progênies derivadas do cruzamento entre cultivares de Coffea arabica e Híbrido de "Timor", no Estado do Paraná, Brasil. Simpósio sobre Ferrugens do Cafeeiro (sumários OEIRAS, 44.

SOUZA, A.C.G. de PEREIRA, A.S e CHAVEZ, G.M. 1980. Teores de óleo, sólidos solúveis, cafeína e qualidade da bebida de café de progênies resistentes à Hemileia vastatrix. Projeto Café (EPAMIG-ESAL-UFMG-UFV), Resumos de trabalhos: 186-189.

SIGLAS

ANACAFE	Asociación Nacional del Café (Guatemala)
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Costa Rica).
CBD	Coffea Berry Disease (<u>Colletotrichum coffeannum</u>)
CENICAFE e CCC	Centro Nacional de Investigaciones de Café (Colombia)
CIARLA	Estación Experimental de Bramon (Venezuela)
CICAFE	Centro de Investigaciones del Café (Costa Rica)
CIFC	Centro de Investigação das Ferrugens do Caffeiro (Portugal)
DGTA	Dirección General de Técnicas Agropecuarias (Nicaragua)
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Minas Gerais (Brasil)
ESAL	Escola Superior de Lavaras (Brasil)
FEDECOCAGUA	Federación de Cooperativas Agrícolas de Productores de Café (Guatemala)
FEX	Estacao Experimental de Caritinga do IBC, M.G. (Brasil)
H	Hibrido
IAC	Instituto Agronómico de Campinas (Brasil)
IAPAR	Instituto Agronómico do Paraná (Brasil)
IBC	Instituto Brasileiro do Café (Brasil)
IHCAFE	Instituto Hondureño del Café (Honduras)
ICA	Instituto do Café de Angola (Angola)
IIAA	Instituto Agronómico de Angola (Angola)
INMECAFE	Instituto Mexicano del Café (México)
INIA	Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (México)

CULTIVO DE TEJIDOS EN CAFE

Marc Berthouly*
Dora María Flores**

INTRODUCCION

El empleo de las técnicas de cultivo de tejidos se difunde cada vez más. El desarrollo de esta nueva tecnología se debe a las múltiples ventajas y a las enormes posibilidades que ofrece en numerosos sectores de la investigación: (Bioquímica, Fitopatología, Morfogénesis, Fitomejoramiento, Genética).

Una parte importante de lo que se denomina "Biotecnología" reposa esencialmente en el empleo de técnicas de cultivo de tejidos, llamado también método de cultivo *in vitro*.

Entre las diferentes posibilidades que brinda el cultivo *in vitro* (obtención de haploides, obtención de plantas libres de virus, hibridación somática), la multiplicación vegetativa *in vitro* es la forma más difundida de estos métodos de cultivo de tejidos. Además la multiplicación vegetativa es el único procedimiento que permite reproducir en gran escala los genotipos sobresalientes y cuya fijación por vía sexual no puede considerarse por diversas razones, entre las que se consideran la incompatibilidad, la depuración genética prolongada etc.

II PRINCIPIOS Y ORIENTACIONES

Lá mayoría del café consumido en el mundo proviene de dos especies: *Coffea arabica* y *Coffea canephora*.

*Genetista, Asesor de PROMECAFE

**Ing. Agr. Investigadora en Cultivo de Tejidos

El *C. arabica* cultivado principalmente en América Latina ($2n=44$) es autógama y por lo tanto se puede reproducir fielmente por semillas. El mejoramiento que se ha realizado hasta ahora ha llevado a la creación de varios cultivares relativamente homogéneos (Caturra, Mundo Novo).

El *C. canephora* ($2n=22$) cultivado en Africa es autoincompatible y su mejoramiento comprende dos orientaciones:

- Vía generativa que conduce a poblaciones muy heterogéneas
- Vía vegetativa, la más utilizada que da lugar a clones cuya explotación sólo puede utilizarse en mezcla policlonal debido a su autoincompatibilidad.

Desde hace varios años tanto en Africa como en América, por razones diferentes, el mejoramiento de los cafetos ha estado orientado hacia la creación de híbridos interespecíficos para enfrentar los problemas que amenazan la caficultura.

La tendencia actual en América es la creación de híbridos intra e interespecíficos atendiendo las exigencias agronómicas y ecológicas, y tomando en cuenta que dichos híbridos presenten características agronómicas similares a las variedades comerciales actuales.

La creación de una variedad estable, para ser distribuída al productor necesita de 30 a 40 años. Frente a este plazo y debido a los problemas fitosanitarios existentes (roya, nemátodos) o problemas potenciales (CBD) y el deseo de ampliar la base genética del *C. arabica*, condujo a la creación de tales híbridos cuyo aprovechamiento debe ser rápido, a través de técnicas que permitan conservar la identidad genética. Los numerosos trabajos realizados desde 1970 en cultivo de tejidos en café, demuestran que las especies cultivadas *C. arabica* y *C. canephora* responden favorablemente a este tipo de cultivo.

Los programas realizados desde entonces en cultivo de tejidos abren nuevas perspectivas a los investigadores utilizando la reproducción asexual *in vitro* para multiplicar variedades mejoradas heterocigotas.

III TECNICAS DE MULTIPLICACION VEGETATIVA *in vitro* DE LOS CAFETOS

El cultivo *in vitro* de las plantas es realizado partiendo fragmentos del vegetal completo. Estos trozos de tejido que se usan son llamados comúnmente explantes.

Dependiendo de la parte de la planta de la cual se obtenga el explante así recibe el nombre la metodología.

A nivel de IICA-PROMECAFE en coordinación con el IRCC-CIRAD se ha tratado de establecer dos metodologías de trabajo:

- 1-Propagación por medio de microestacas
- 2-Propagación por medio de embriogénesis somática

1- PROPAGACION POR MEDIO DE MICROESTACAS

La propagación vegetativa *in vitro* mediante microestacas consiste en obtener a partir de un nudo portador de yemas preexistentes una microplanta cuyos nudos pueden ser utilizados como estacas *in vitro* y así sucesivamente para obtener un gran número de individuos.

Dicha metodología incluye los siguientes pasos:

- Cultivo de segmentos de tallos ortotrópicos y obtención *in vitro* de tallos ortotrópicos (Fig. 1, Fig. 2)
- Multiplicación clonal *in vitro*
- Enraizamiento y aclimatación (paso de condiciones *in vitro* a condiciones *in vivo*)



Fig. 1 Nudo ortotrópico con dos yemas axilares preexistentes (13-15 días).



Fig. 2 Acercamiento de dos yemas axilares preexistentes. (El número de yemas brotadas depende de la concentración de BAP).

El explante con sus yemas axilares ortotrópicos preexistentes se toma de un tallo ortotrópico joven clorofilico. Generalmente se utilizan los tres primeros nudos.

Uno de los problemas más importantes es la alta contaminación por bacterias y hongos. También la oxidación fenólica es muy frecuente en este tipo de material y se manifiesta mediante la aparición de un color café en el medio sobre el cual se encuentran sembrados los explantes. Estas dos etapas de la metodología son las más difíciles de superar.

Una vez establecido el cultivo se constituye un Banco de Germoplasma *in vitro* a partir del cual se puede iniciar la multiplicación masiva del material.

Generalmente las microestacas que han alcanzado un desarrollo de aproximadamente 4 ó 6 pares de hojas se separan del esqueje original y se dividen en micronudos o microestacas y se colocan en un nuevo medio de regeneración (Fig. 3, Fig. 4).

Luego se producen nuevos tallos que se subdividen en nuevas microestacas y así sucesivamente.

En PROMECAFE los resultados obtenidos han permitido bajo buenas condiciones de cultivo obtener al cabo de un año, cerca de 20.000 plantas provenientes de un sólo explante (o sea un explante es capaz de producir de 6 a 8 microestacas cada tres meses).

El objetivo de la fase de multiplicación es obtener una gran cantidad de plantas aptas para ser llevadas al campo, una vez enraizadas y aclimatadas.

Existen dos métodos para inducir el enraizamiento (Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7):

- in vitro
- in vivo



Fig. 3 Crecimiento de los brotes ortotrópicos.



Fig. 4 Efecto de la giberellina sobre el crecimiento de los brotes.

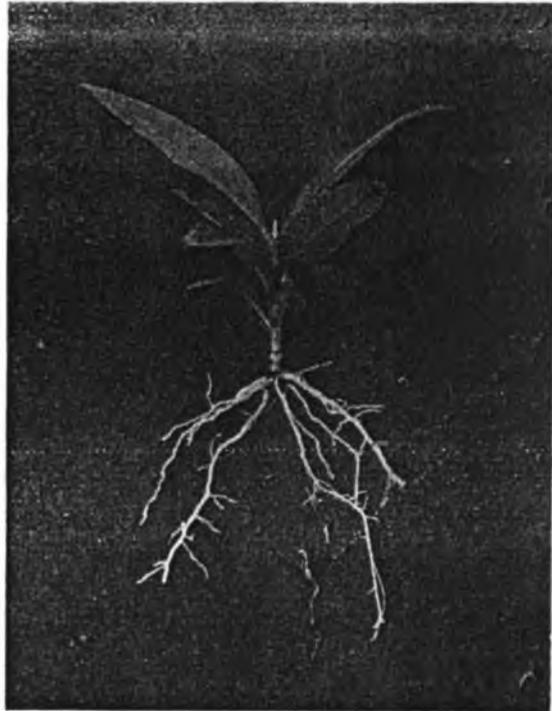
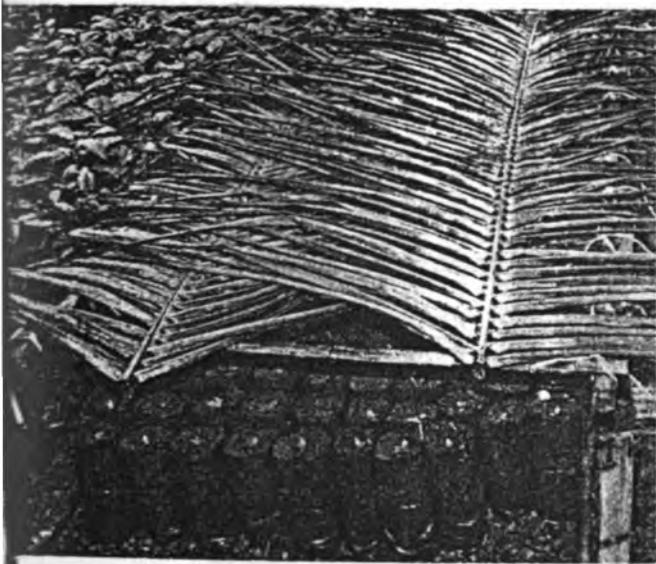


Fig. 5 Inducción de raíces in vivo.



Sistema de aclimatación de plantas producidas in vitro. (1 mes).

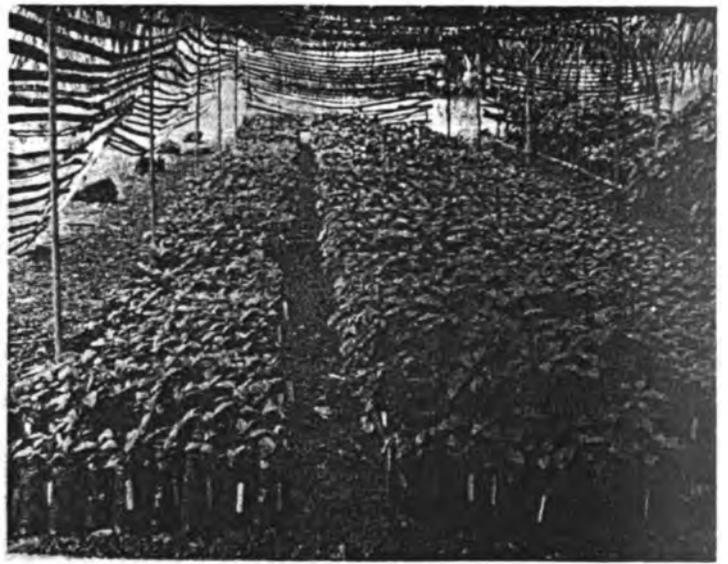


Fig. 7 Desarrollo de plantas producidas in vitro.

El objetivo es inducir la aparición de raíces en la base de la microestaca.

Se ha desarrollado una metodología simple que ha permitido obtener un 100% de enraizamiento, con una pérdida de 5 a 10% de plantas en la fase de aclimatación.

Desde 1985 se ha iniciado a nivel de PROMECAFE la distribución de dicho material para ser sembrado en el campo y así poder observar el comportamiento de dichas plantas. Por esta razón se han realizado varios ensayos regionales a nivel de los países miembros.

Los primeros resultados de producción muestran un buen comportamiento de las plantas producidas *in vitro*.

2 PROPAGACION POR MEDIO DE EMBRIOGENESIS SOMATICA

"Cada célula vegetal, cualquiera que sea su especialización si esta viva y posee un núcleo, está en la capacidad de producir una planta entera" (Haberland 1902).

A esta extraordinaria capacidad de la célula vegetal se deben los progresos y avances realizados en cultivo de tejidos.

Los primeros casos de embriogénesis somática en el género *Coffea* fueron obtenidos por Staritsky (1970) sobre explantes de *Coffea canephora*.

Desde entonces varios autores (Sondahl, Dublin) han obtenido resultados tanto en *C. arabica* como en híbridos interespecíficos (arabusta), pero hasta el momento nadie ha podido definir ni establecer una metodología para todo tipo de cafetos.

A nivel de PROMECAFE se ha trabajado con dos técnicas, utilizando fragmentos de hojas y definidas por Sondahl y Sharp como:

- LFSE (Low Frequency Somatic Embriogenesis) o embriogénesis somática directa (Fig. 8).



Fig. 8 Embriogénesis somática directa. Aparición de embrioides directamente sobre el explante.

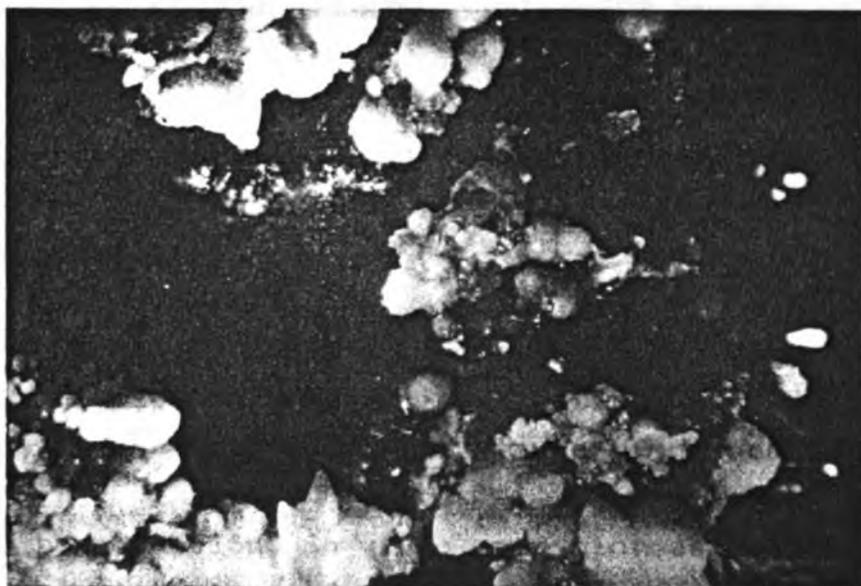


Fig. 9 Embriogénesis somática indirecta. Aparición de embrioides globulares sobre un callo secundario.

-HFSE (High Frequency Somatic Embriogenesis) ó embriogénesis somática indirecta que produce un callo secundario, o sea una masa de células embriogénica (Tasa de multiplicación alta) (Fig. 9).

Cualquiera que sea la metodología, el embrión somático al término de su diferenciación comprende una zona radicular con hipocótilo y una zona caulinar con dos hojas cotiledonales. Los embriones somáticos completamente diferenciados pueden pasarse a un medio de regeneración, donde se desarrollan las raíces y los tallos hasta la formación de plántulas de 4 ó 5 pares de hojas aptas para ser transferidas a condiciones in vivo (Fig. 10).

En PROMECAFE además de los trabajos realizados con *C. arabica* se está trabajando con *C. canephora* con el fin de producir plantas resistentes o tolerantes a nématodos que podrían ser utilizadas como patrón en la injertación con *C. arabica*.

IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

La multiplicación vegetativa por medio de diferentes metodologías podría jugar un papel importante en el mejoramiento de los cafetos cultivados en el curso de los próximos años.

La reproducción vegetativa será indispensable para multiplicar a gran escala los genotipos sobresalientes provenientes de:

- Combinación genética dirigida
- Variaciones inducidas in vitro y cuya diferenciación por vía sexual sería muy larga y onerosa.

La reproducción in vitro por microestacas a partir de yemas preexistentes ofrece sin lugar a duda todas las

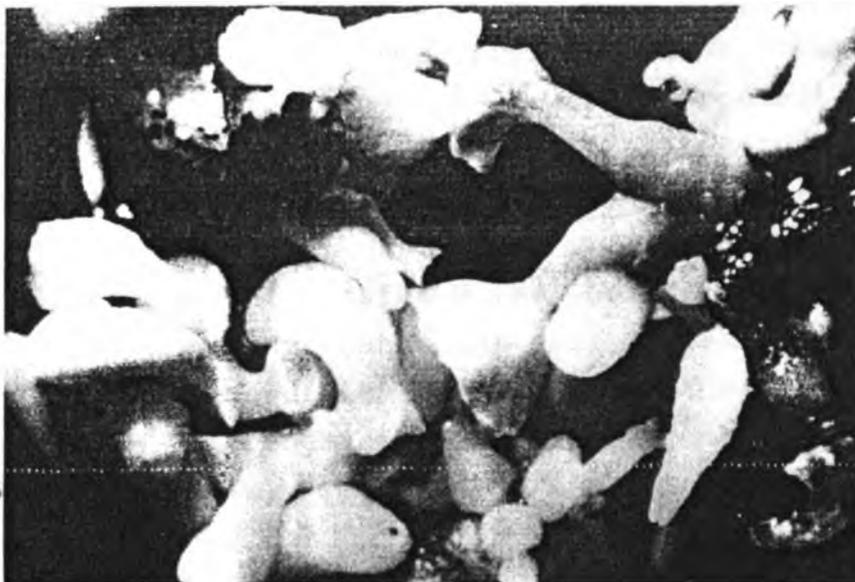


Fig. 10 Regeneración de embriones en medio líquido.

garantías de "uniformidad genética" pero su tasa de multiplicación no es muy elevada.

La embriogénesis somática directa que no comprende ninguna fase de callo diferenciado, debería también conducir a un grado de confiabilidad satisfactorio, el cual puede aceptarse o rechazarse por medio de evaluaciones del material en el campo.

La embriogénesis somática indirecta o sobre un callo secundario presenta un coeficiente de multiplicación mucho más elevado que los otros procedimientos, pero podría conducir a variaciones genéticas, cuya importancia solamente se podría determinar por medio de evaluaciones que se realicen de los materiales en el campo.

En el caso de los cafetos se podría tolerar cierta variabilidad siempre y cuando las variaciones eventuales que resulten en los procedimientos *in vitro*, no afecten las características agronómicas y genéticas primordiales (rendimiento promedio, resistencia etc.). A favor de esta hipótesis podría agregarse que generalmente la diversidad genética está acompañada de una mayor facilidad de adaptación de los materiales a condiciones ecológicas diversas y a una mayor resistencia a factores adversos.

BIBLIOGRAFIA

- BERTHOULY, M.; GUZMAN, N.; CHATELET, P. 1985. Propagación clonal *in vitro* de híbridos F₁ por el método de microestacas. VIII Simposio de Cafécultura Latino - Americana, Granada, Nicaragua, 3-4 Octubre.
- DUBLIN, P. 1981. Embryogénese somatique directe sur fragments de feuilles de caféiers arabusta. *Café, cacao, thé*. 25(4):237-242.
- DUBLIN, P. 1981. Introduction de bourgeons néoformés et embryogénese somatique. Deux voies de multiplication végétative *in vitro* des caféiers cultivés, café, cacao, thé. Vol XXV, No. 4 237-242.
- HERMANN EB; HASS G. J. 1975. Clonal propagation of *C. arabica* L. from callus culture. *Hortscience*. 10(6):588-589.
- PEÑA, M., SERNA, M. 1984. Adaptación de plantas de *Coffea arabica* Var. Mundo Novo obtenidas por embriogénesis somática a cultivo bajo condiciones de campo. *Cenicafé (col)* 35(3):66-70.
- REINERT J.; BAJAJ, Y. 1977. Applied and fundamental aspects of plant cell tissue and organ culture. Springer-Verlag. 803 p.
- SONDAHL, J. 1979. A histological study of high frequency on low frequency induction of somatic embryos in cultured leaf explants of *Coffea arabica* L. *Z. Pflanzenphysiol.* 94 p.

- SONDAHL. M. R.; SHARP. W. R. 1972. High frequency induction of somatic embryos in cultured leaf explant of **Coffea arabica** L. Z. pflanzenphysiol. Vol. 81:395-408.

- STARITSKY G. 1970. Embryoid formation in callus culture tissue of coffea. Acta Botánica Neerl. Vol 19(4):509-514.

Fig. 6. ESQUEMA DE REACCION DE EXPLANTES CON ESTRUCTURA ORGANIZADA

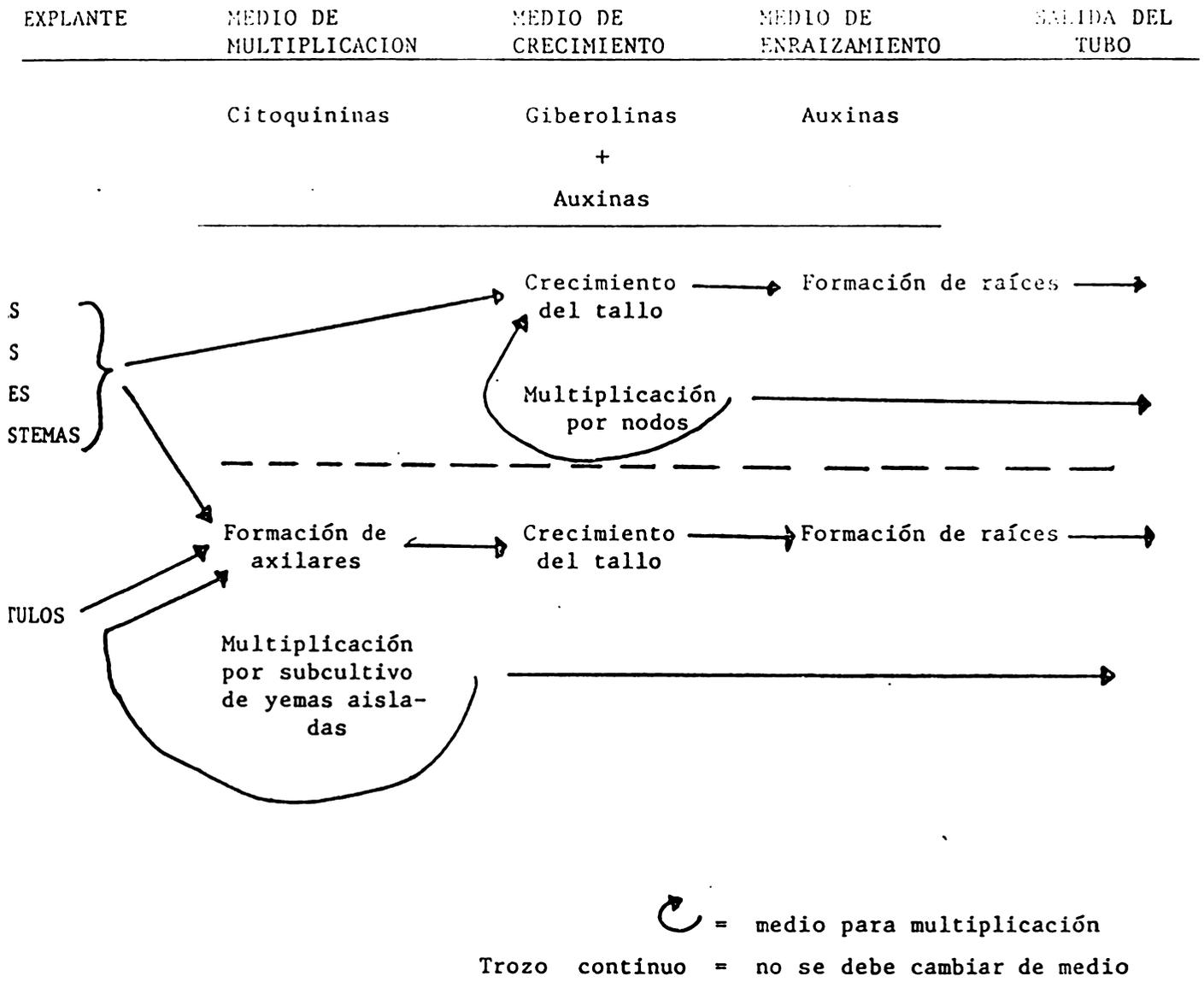
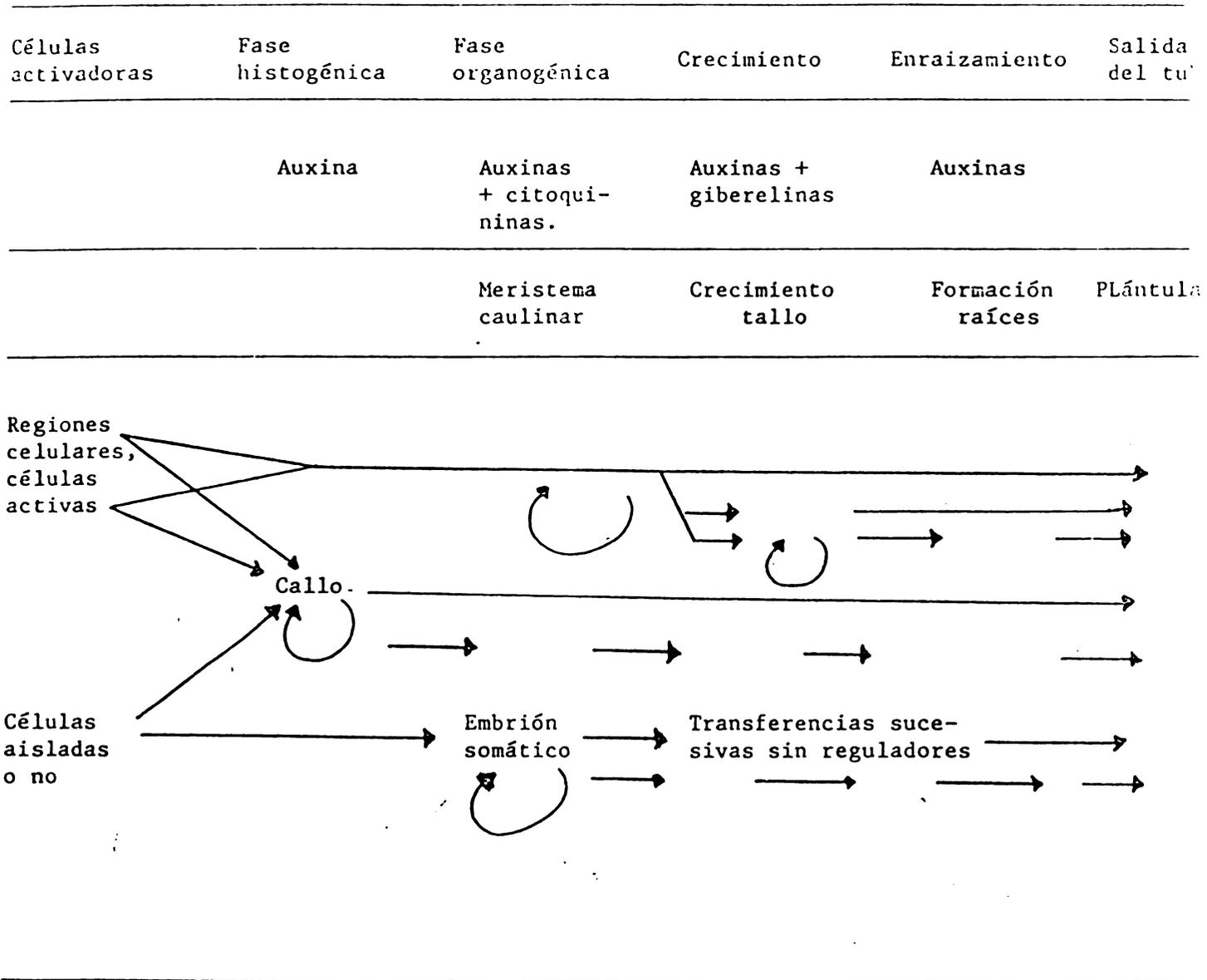
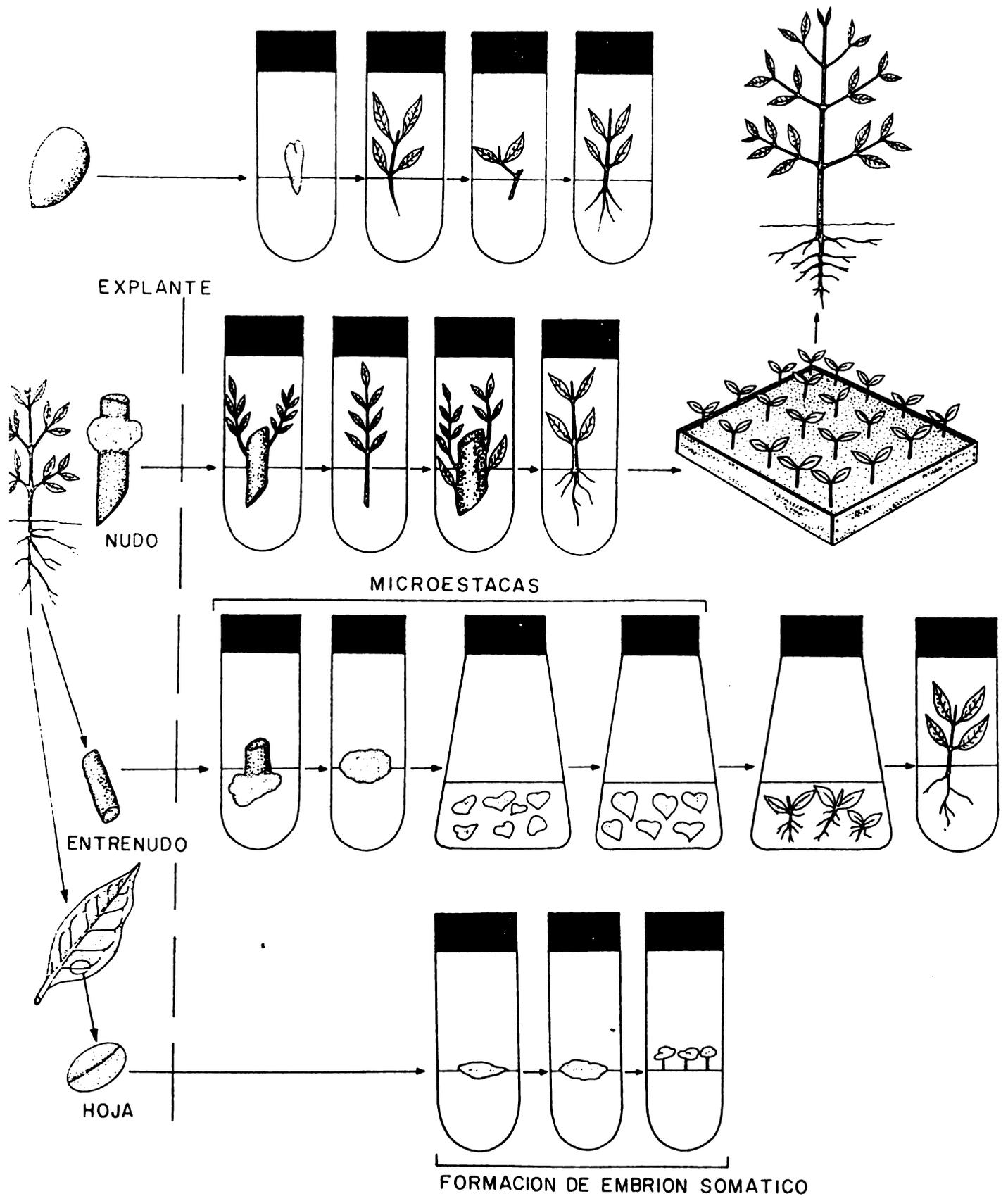
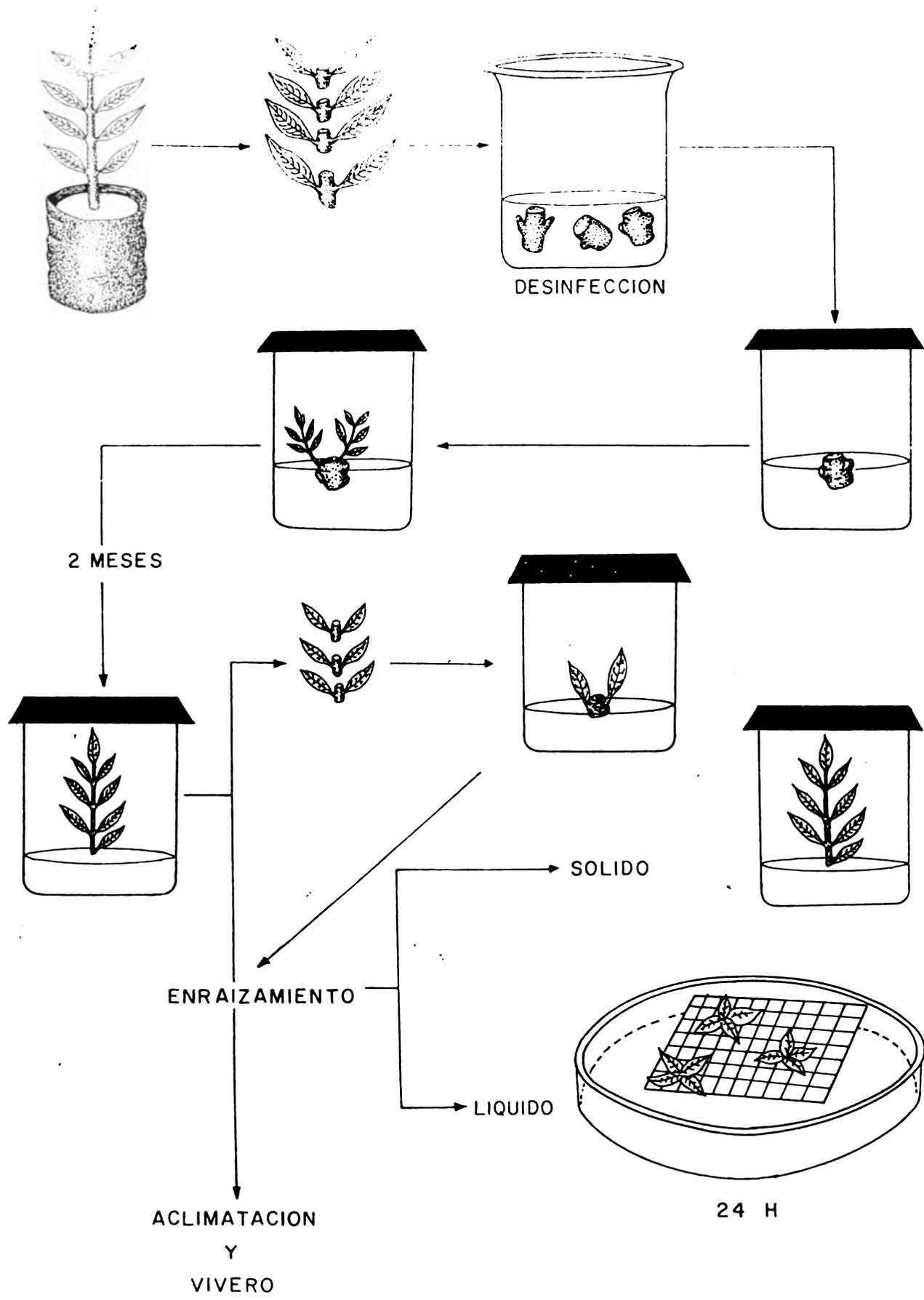
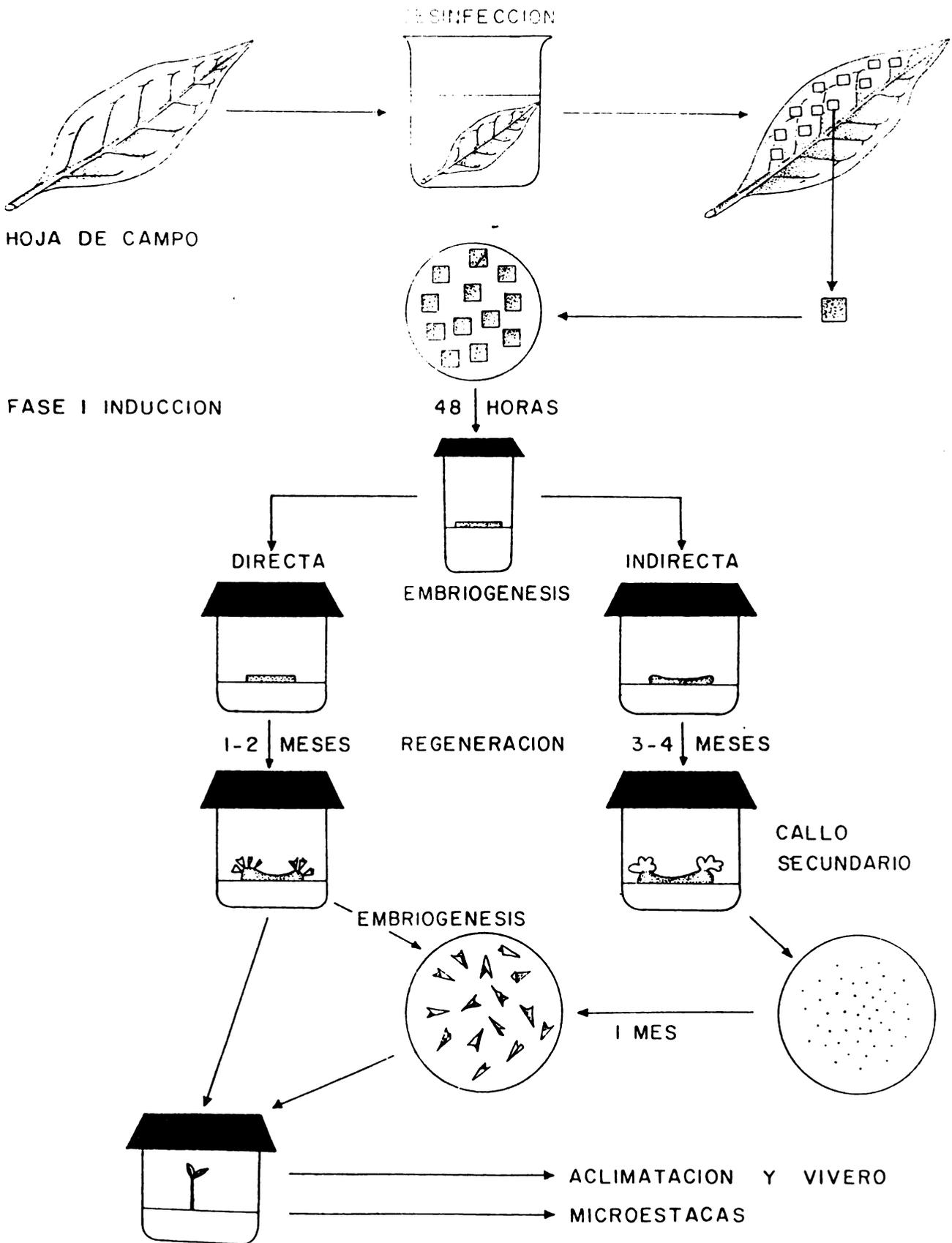


Fig.7. ESQUEMA DE REACCION DE TEJIDOS NO ORGANIZADOS (diferenciados).









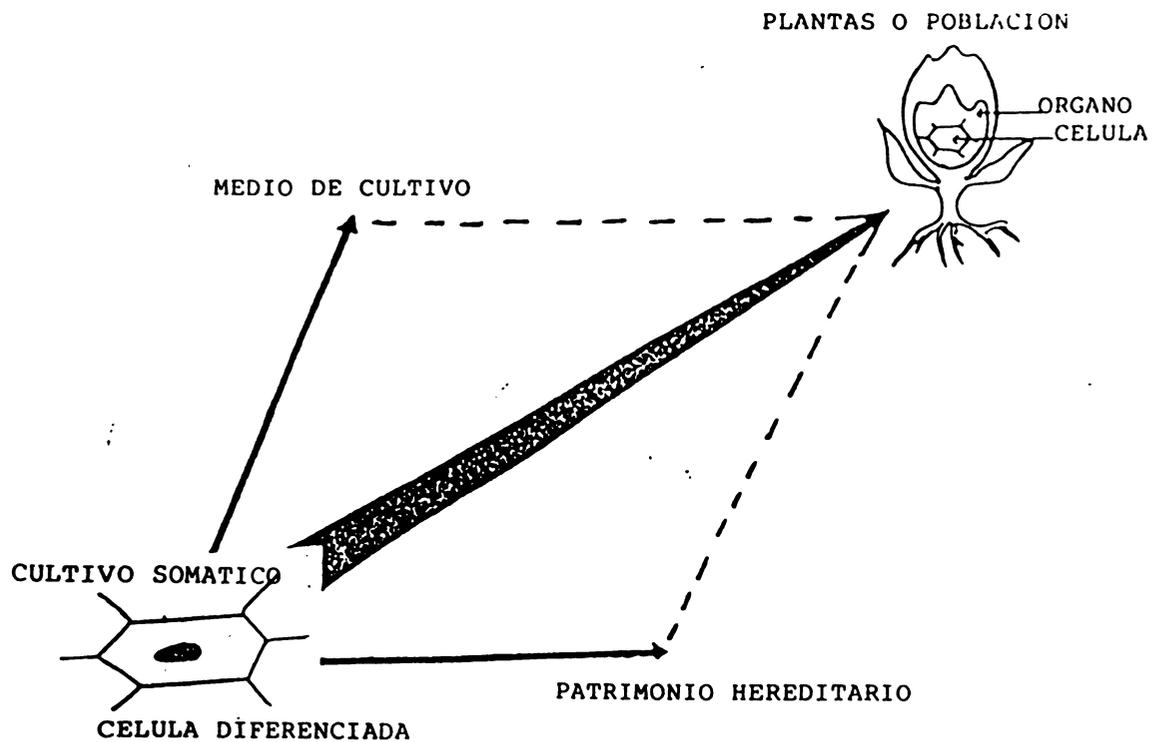
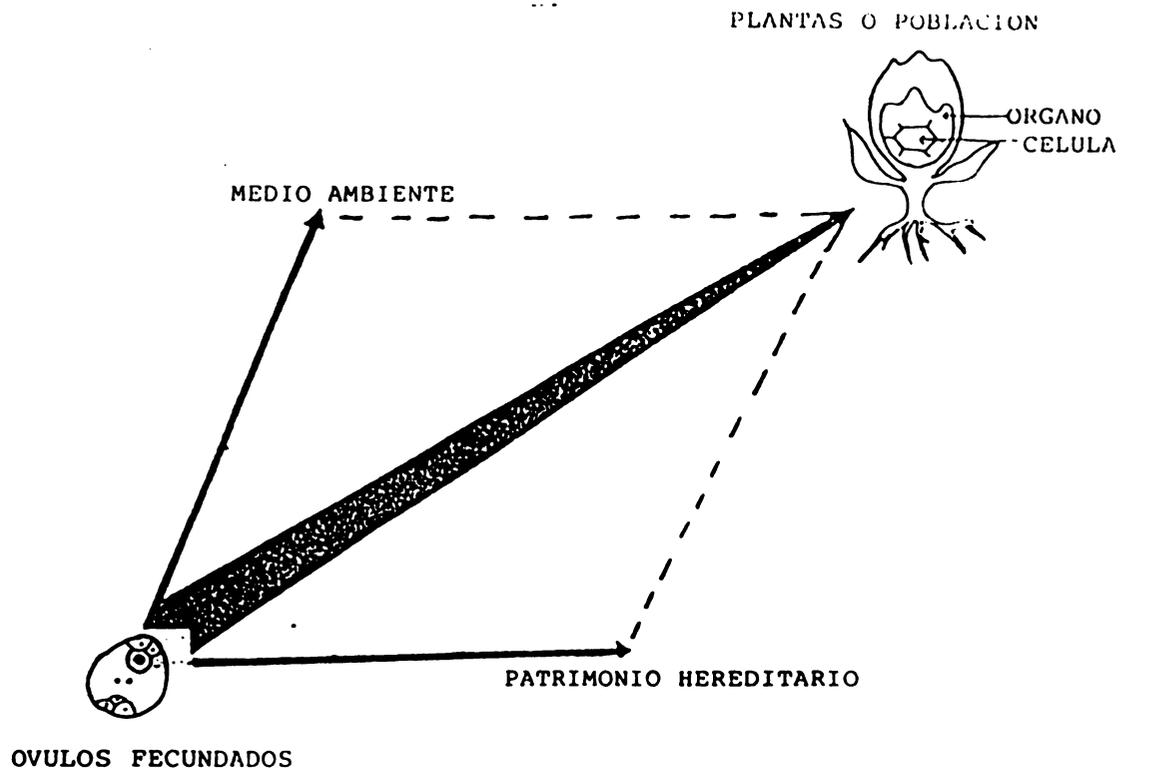
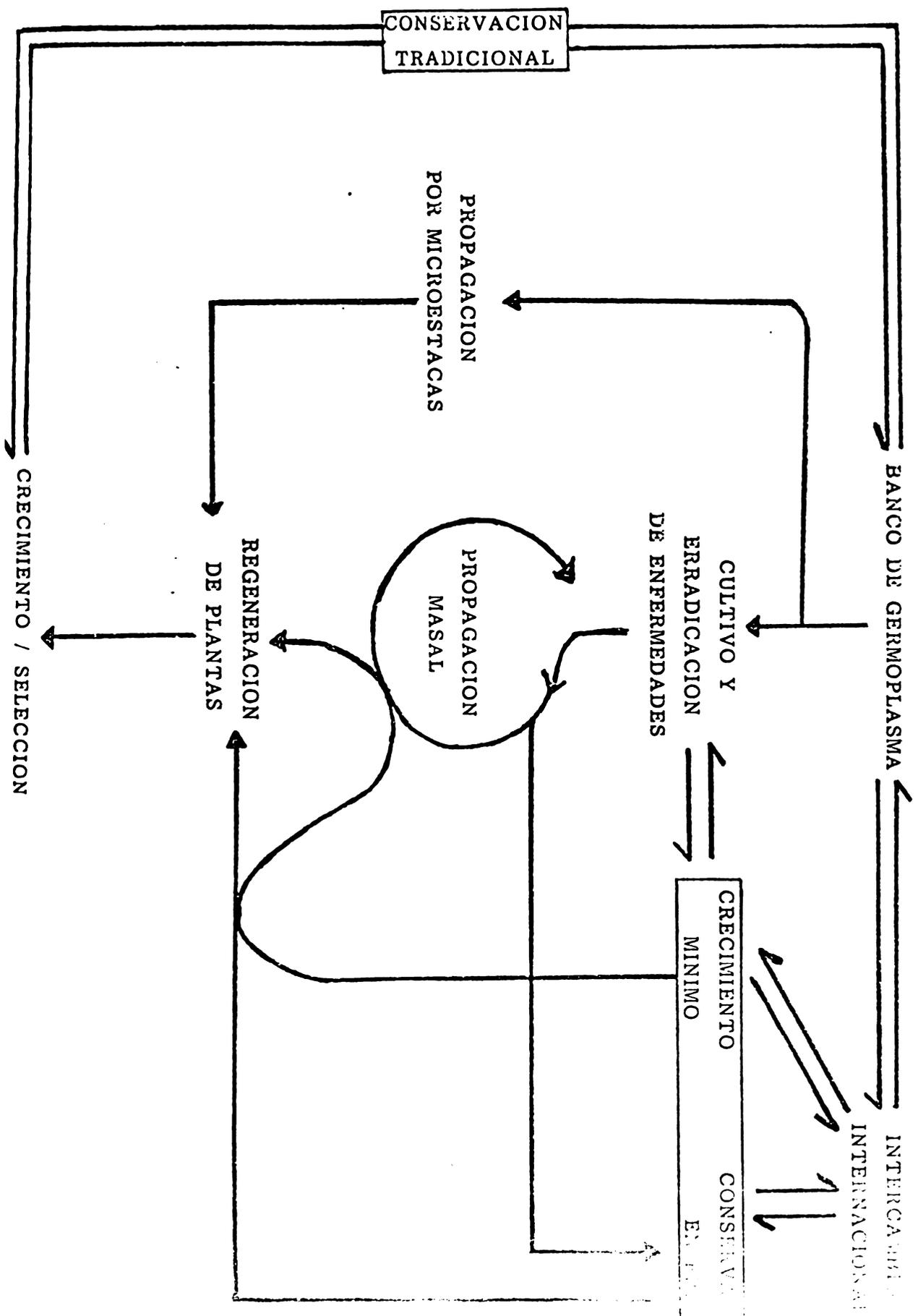
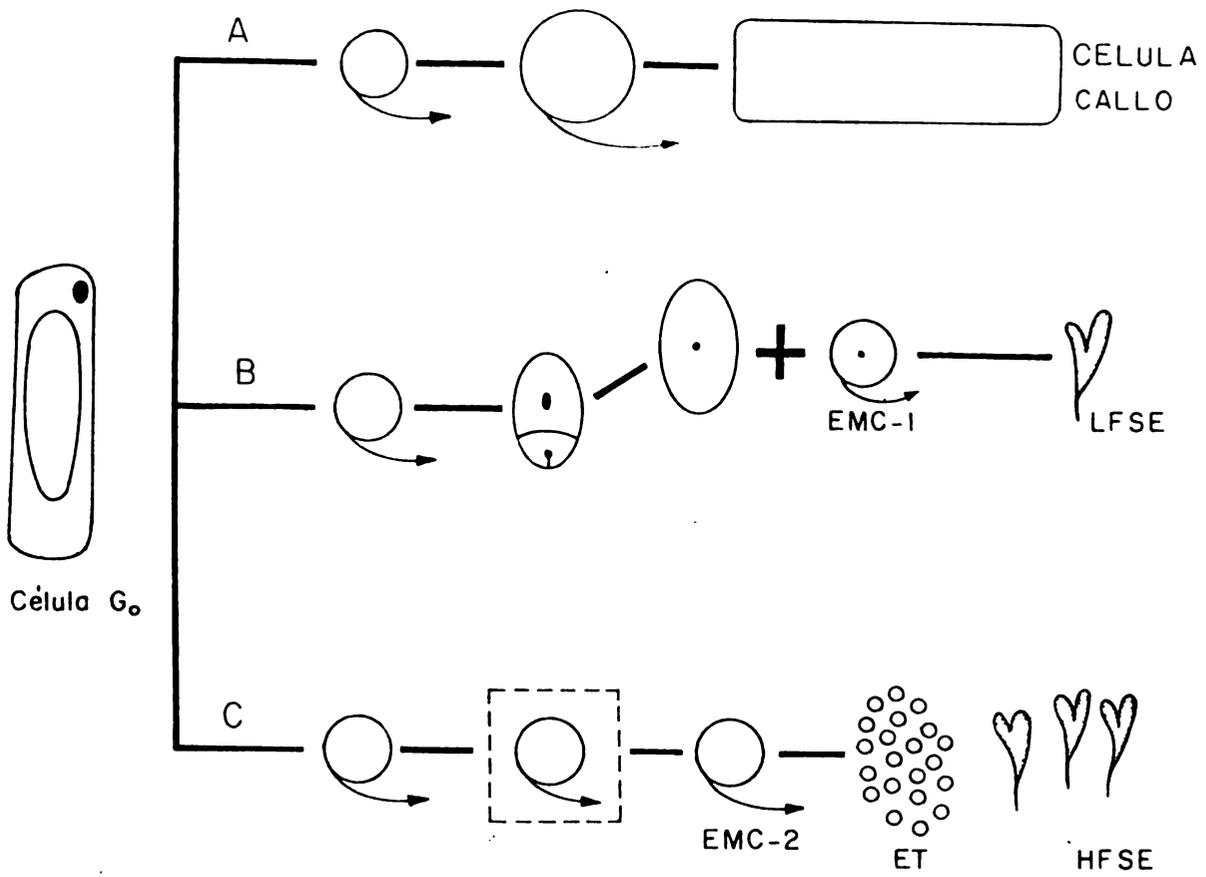


FIGURA 10. Comparación entre el desarrollo de un cigoto y una célula somática en cultivo in vitro.



ANEXO III. MODELO DE DESARROLLO PARA EMBRIOGENESIS SOMATICA EN CAFE A PARTIR DE FRAGMENTOS DE HOJAS.

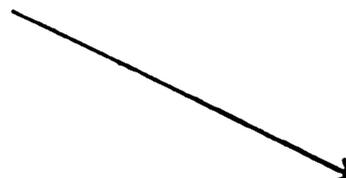
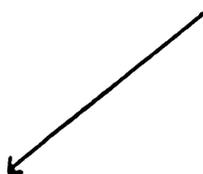


Según SONDAHL et al, 1985

ANEXO V

CARACTERISTICAS DE LA EMBRIOGENESIS

SOMATICA EN CAFE



V E N T A J A S

D E S V E N T A J A S

-Disponibilidad mayor de material de inicio.

-Disponibilidad de variación en comparación a la planta madre.

-Mayor facilidad de desinfección.

-Complejidad del fenómeno.

-Alta producción de plantas que se presentaría eventualmente a una industrialización.

- BEN BADIS, A. Analyse des aptitudes embryogenes des divers types de cellules isolées de Daucus carota L. Bull Soc. Bot. Fr Mem. Colloque Morphologie. 1973. 223-234.
- DUBLIN, P Y PARVAIS JP. L'haplodiploïdie spontanée liée a la poliembryonie chez. Coffea arabica L. café, cacao, thé. Vol. XX No. 2. 1976. 83-90.
- DUBLIN P. Induction de bourgeons néoformés et embryogénese somatique. Deux voies de multiplication végétative In vitro des cafeiers cultivés, café, cacao, thé. Vol. XXV, No. 4. 1981. 237-242.
- DUBLIN P. Embryogénese somatique directe sur fragments de feuilles de cafeiers arabusta. Café, cacao, thé. Vol. XXV, No. 4. 1981. 237-242.
- DUBLIN P. L' amélioration Génétique des Cafeiers, Biofutur, No. 5. 1982 37-39.
- DUBLIN P. Culture de Tissus et amélioration génétique des caféiers cultives. 1^{er} Colloque Scientifique International sur le Café, Salvador (Bahía). ASIC. 1981. 433-459.
- GRAMBOW, H., KAO K., MILLER R ET GAMBORG O. Cell division and plant development of protoplast of carrot cell suspension cultures. Planta, 103. 1972. 348-355.
- HABERLANDT G. Culturversuche mit isolierten pflanzenzellen - Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Math. Nat. Classe. III abt. 1902. 1, 62-92.
- HACCIUS B. Les premiers stades des embryons végétaux zygotiques et somatiques sont-ils différents ou non. Soc. Bot. Fr Mem., Colloque Morphologie. 1973. 201-205.
- HALPERIN W. Y WETHERELL D. Ammonium requirements of embriogenesis In vitro. Nature. 1965. 205, 519-520.
- _____. Alternative morphogenetic events in cell suspensions. Am. J. Bot. 1966. 53, 443-453.

Population density effects in embryogenesis in carrot cell cultures. *Exp. cell. Res.* 1977. 48, 176-178.

- HERMANN EB Y HASS G.J. Clonal propagation of C. arabica L. from callus culture. *Hortscience*. Vol. 10, No.6. 1975. 588-589
- LEVINE M. The effects of growth substances and chemical carcinogens, on fibrous roots of carrot tissue grown In vitro. *Am J. Bot.* 1951. 38, 132-138.
- NOBECOURT P. Production de nature caulinaire et foliaire sur des cultures de racines de carotte en milieu synthetique. *C.R. Soc. Biol.* 1946. 140, 944-953.
- NORREEL B ET NITSCH JP. Embryologie experimentale II. Produc. d'embryons a partir de tissus vegetatifs. *Bull Soc. Bot. Fr Mem.* 1970. 117-30-39.
- REINERT J. Morphogenese und ihren kontrolle an gewebekulturen aus caroten *Naturwissen schoffen.* 1958. 45, 344-345.
- REINERT J ET BAJAJ Y. Applied and fundamental aspects of plant cell tissue and organ culture. *Springer-Verlag.* 1977. 803.
- SEIBERT M. ET COLL. The effects of light intensity and spectral quality on growth and shoot initiation in tabacco callus. *Plant physiol.* 1973. 56, 130-139.
- SMITH S. STREET H. The decline of embryogenic potential of callus and suspension cultures of carrot are serially subcultured. *Ann Bot.* 1974. 38, 223-241.
- SONDAHL M.R. ET SHARP W.R. High frequency induction of somatic embryos in cultured leaf explant of Coffea arabica L. *Z. pflanzenphysiol.* Vol. 81. 1972. 395-408.
- SONDAHL, J.R. ET COLL. SEM characterization of embryogenic tissue and globular embryos during high frequency somatic embryogenesis en coffee callus cells. *Z. Pflanzenphysiol.* 1979. 94, 185-188.
- _____ . A histological study of high frequency on low frequency induction of somatic embryos in cultured leaf explants of Coffea arabica L. *Z. Pflanzenphysiol.* 1979. 94, 101-108.

- STARITSKY G. Embryoid formation in callus culture tissue of coffee. Acta Bot. Neer 1. Vol 19, N° 4, 1970. 509-514.
- STARITSKY G. ET VAN HASSELT G.A.M. The synchronised mass propagation of coffea canephora in vitro. 9° Collogue Scientifique International sur le cafe, ASIC, 1981. 591-602.
- STEWART F ET MEARS K. Growth and organized development of cultured cells. II Organization in cultures grown from freely suspended cells Am. J. Bot. Soc., 1958 424, 237-242.
- TOKIN B. Regeneration and somatic embriogenesis in: Regeneration and wound healing. Akact Vicado Budapest. 1964. 9-46.



**APROVECHAMIENTO DE LA VARIABILIDAD GENETICA DEL CAFE
POR MEDIO DE LA TECNICA DEL CULTIVO DE TEJIDOS**

***Jorge H. Echeverri R.
IICA/PROMECAFE**

**CONFERENCIA DICTADA EN EL SIMPOSIUM: 'AVANCES CIENTIFICOS
Y TECNOLOGICOS EN CAFICULTURA**

GUATEMALA, JULIO, 1988

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA
DIRECCIÓN GENERAL**

APDO. 55-2200 CORONADO, COSTA RICA. TEL.: 29-0222. CABLE IICA SANJOSE. TELEX. 2144 IICA

APROVECHAMIENTO DE LA VARIABILIDAD GENETICA DEL CAFE
POR MEDIO DE LA TECNICA DEL CULTIVO DE TEJIDOS

*Jorge H. Echeverri R.,
IICA/PROMECAFE

1. INTRODUCCION

Se define la palabra variabilidad como la capacidad genotípica de una especie, de una población o de una progenie, para desarrollar diferentes fenotipos. (2).

Esta variabilidad depende de la interacción entre la herencia y el medio ambiente. La variabilidad genética es heredable, mientras la ecológica corresponde a factores externos.

Desde 1903 los trabajos de Johansen sobre selección de granos en frijol (Phaseolus vulgaris) definieron no solo los efectos de la selección sino también son un ejemplo muy claro de cómo para que la selección sea eficaz, se requiere que exista variabilidad genética dentro de la población que se selecciona. Cuando seleccionó granos de frijol por tamaño en una variedad antigua de su país pudo obtener poblaciones muy distintas, pero cuando la selección se hizo con granos de una sola planta, las nuevas descendencias tenían el mismo promedio con iguales límites de variación. Esto se debe a que sus granos son cien por ciento autofecundados y se había eliminado la variación genética, quedando únicamente la variación ecológica. Esto

*Especialista en Investigación Agrícola, PROMECAFE/CATIE, Turrialba, Costa Rica.

indica que para que la selección tenga éxito se requiere de variabilidad genética. (2).

El Dr. Jaime Castillo Z. comentaba en 1984 en Guatemala que la falta de entender este criterio llevó a países, como Colombia, a invertir muchos años de su investigación a la selección de la variedad 'Typica'. En 1941 cuando se creó en ese país el Centro Nacional de Investigaciones en café, CENICAFE, se creía que la variabilidad genética de la variedad se debía a la enorme diversidad que se observaba en la producción de los árboles, puesto que se consideraba el café una planta alógama o de polinización cruzada. (7).

En la década del 30 en Tanganika, Guatemala, en el Congo Belga, en el Brasil y en la India se realizaron varios trabajos sobre este particular observando que solo unos pocos árboles poseían alta producción.

Solo en la década del 60 se pudo demostrar que había una escásima relación en la producción de los árboles madres con los de la proge- nie, lo que demostraba que gran parte de esta variación era de naturaleza ambiental.

Agrega el Dr. Jaime Castillo que aclarar ese punto costó 20 años de trabajo. En 1950 el Dr. Krug y Carvalho de Brasil comprobaron que el café era una planta predominantemente autógama con porcentajes de cruzamiento entre el 6 y el 9%. (5).

Los recientes trabajos de mejoramiento genético para resistencia a la roya del cafeto han traído a la especie de C. arabica esa variabilidad, producto de un híbrido interespecífico con la C. canephora. Esta variabilidad contiene caracteres buenos y malos que deben ser seleccionados y estabilizados en grupo de plantas que pueda utilizar con éxito el agricultor.

En el C. arabica la producción, selección y estabilización de una variedad demora muchos años, generalmente más de 30, debido a que se requieren de al menos 4 generaciones.

La posibilidad de utilizar sistema de reproducción asexual en la C. arabica utilizando la técnica de cultivo de tejido ha abierto expectativas muy importantes para el mejoramiento de esta especie, ya que en pocos años se podrían tener gran cantidad de plantas semejantes a la madre.

Este artículo trata de hacer un análisis de la variabilidad genética existente en la especie de C. arabica y su aprovechamiento a través del cultivo de tejidos, la cual será analizada por el Dr. Marc Berthouly, asesor de PROMECAFE, en un documento posterior.

2. CARACTERES DE HEREDABILIDAD EN C. arabica

La planta utilizada por Linneus y Cramer para describir la especie C. arabica corresponde a la variedad 'Typica', la cual se presenta en forma espontánea en los bosques nativos de Etiopía.

Coffea arabica es una especie relativamente muy estable. La gran mayoría de las variedades de esta especie tiene su origen en mutaciones.

Según Carvalho (4) todo el café sembrado en América proviene de una única planta de la variedad 'Typica' sembrada en el Jardín Botánico de Amsterdam en 1706, la cual por sucesivas autofecundaciones dio origen a una población del 'Typica' caracterizada por una gran uniformidad genética. Es por ello que podemos afirmar que todo el café sembrado en América tiene un mismo origen y son genéticamente iguales.

Algunas de las variaciones descritas en el C. arabica difieren de la variedad 'Typica' por uno a tres pares de factores genéticos, los cuales son dominantes o recesivos respecto a los alelos de 'Typica'. Hasta el momento según Carvalho (5) se han descubierto 30 mutantes entre cientos de miles de plantas.

En estas mutaciones hay factores que afectan los caracteres de la planta como el ne= nana; la ramificación Er= erecta; el crecimiento de la planta Mg= maragogipe, Ct= Caturra; las hojas br= verde; la flor sf= semperflorens; el fruto xc= Xanthocarpa; la semilla ce= Cera; y la clorofila, plantas variegadas.

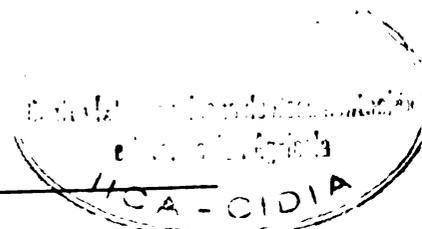
Hasta 1960 era esta la variabilidad disponible para los trabajos de mejoramiento genético del C. arabica, la cual era multiplicada por semilla.

Algunas de estas mutaciones fueron aprovechadas directamente como la variedad 'Caturra' y otros en hibridaciones como el 'Mundo Novo' y el 'Catuaí'.

En el Cuadro 1 se presentan algunas de las principales variedades y las características disponibles para mejorar las variedades de producción.

Cuadro 1. Tipos de materiales incluidos en la diversificación de la base genética de las nuevas variedades.

CARACTERISTICA PRINCIPAL	VARIEDADES QUE LA PRESENTAN
Gran vigor y producción	Maragogipe Borbón Borbón amarillo Amarillo Chinchiná <u>Coffea</u> sp. C. 387 Alnamba Babaca
Porte bajo	Pacas Villa Sarchí Caturra Villalobos San Ramón San Bernardo
Grano grande	Typica Villalobos San Bernardo Padang Mundo Novo LE-137 Maragogipe
Ramificación secundaria abundante	Mundo Novo N-197 Mysore Columnaris
Ramificación semierecta persistente	Caturra erecta Agaro Gimma K. Wush Wush
Hoja grande, gran vigor	Sidamo Harrar R3 Ligne M
Hoja acanalada, ondulada	Ennarea Cioccie



3. APROVECHAMIENTO DE LA VARIABILIDAD ORIGINADA EN LAS MUTACIONES DE C. arabica.

Carvalho, A.; Monaco, L.C.; y Antunes, H. Estudiaron la variabilidad de las progenies de café C. arabica var 'Bourbón rojo', con producciones controladas por 12 a 15 años encontraron una acentuada variabilidad de la producción. Con el fin de comprobar las causas de estas variaciones realizaron un programa de autofecundaciones e híbridos en cuatro progenies con las más altas y más bajas producciones, así como una planta cercana al promedio. Las hijas fueron plantadas en ensayos comparativos.

Después de analizar las 4 primeras cosechas observaron que esa variabilidad se debía a influencias del ambiente. Asimismo no encontraron ningún efecto específico de la autofecundación y las variaciones entre las descendencias F1 y F2 no fueron significativas. Concluyen estos autores que la selección del 'Bourbón' debe basarse en la producción promedio de las progenies y que la selección dentro de la progenie no conduce a ningún progreso. (6).

Trabajo semejante realizó el ISIC en El Salvador con la variedad 'Tekisic' formada de una mezcla de élites o líneas de la variedad 'Bourbón'. El Cuadro 2 habla de la producción obtenida del tercer grupo de élites seleccionadas, bajo tres diferentes altitudes. Como se observa las diferencias entre las élites y el testigo de 'Bourbón' masal no son significativas.

Estos casos explican el poco éxito que tendrá la selección en materiales que poseen alta uniformidad genética.

Cuando por hibridación entre estas mutaciones se desean aprovechar características de uno de los padres, se ha obtenido éxito en variedades

Cuadro 2. Producción promedio en kg-oro por planta del tercer grupo de élites 'Bourbón', obtenidos bajo tres diferentes altitudes, en las localidades de Coatepeque, Santa Ana, Nueva San Salvador, (La Libertad) y Ataco, Ahuachapán; durante cuatro siete y diez años de registros de cosecha.

Tratam. (élites)	Central Standar 400-800 msnm media de 4 años	Central Altura 800-1200 msns media de 7-años	Central Estricta Altura 1200 - 1600 m media de 10 años
33	0.27	0.95	1.43
34	0.29	1.03	1.34
35	0.28	0.91	1.20
36	0.28	1.10	1.15
37	0.28	1.03	1.29
38	0.26	1.26	1.30
39	0.29	1.05	1.31
40	0.26	1.04	1.22
41	0.22	1.09	1.29
42	0.29	0.88	1.24
43	0.29	0.89	3.28
44	0.29	0.94	1.22
45	0.27	1.10	1.29
46	0.29	0.92	1.27
47	0.27	1.17	1.35
48 (testigo)	0.28	0.98	1.11

comerciales. Ejemplo de ello es el 'Mundo Novo' y el 'Catuaí' ampliamente utilizados a nivel comercial.

En la última década el desarrollo de la variedad 'Catuaí' en Costa Rica ha sido motivo de especial atención por el Programa Cooperativo ICAFE-MAG quien ha ubicado en 12 lugares diferentes del país experimentos de validación cuyos resultados se pueden observar en el Cuadro 3.

Otros trabajos semejantes para aprovechar esta variabilidad genética se han realizado para mejorar el tamaño de la semilla en cruces de 'Catuaí' x 'Bourbón' x 'Maragogipe' en Colombia y 'Pacas' x 'Maragogipe' en El Salvador.

El Cuadro 4 indica valores de producción alcanzados para el híbrido 'Pacas' x 'Maragogipe' en El Salvador, los cuales son semejantes a los de las variedades comerciales. Aunque este material ha indicado buenas perspectivas para su uso comercial ha faltado un programa de investigación continuo que lo establezca hasta ser una variedad. La atención de los fitomejoradores para una variedad con resistencia a la roya, ha colocado en segundo lugar estos trabajos.

4. FUENTES DE VARIABILIDAD PARA RESISTENCIA A ROYA (Hemileia vastatrix Berk & Br.)

4.1. Variabilidad en la especie C. arabica

Concedores de la uniformidad genética de la especie C. arabica el hombre ha acudido a buscar plantas en lugares donde ocurra esa variabilidad. Ha sido demostrado para muchos cultivares que la mayor proporción de variabilidad natural ocurre cerca de sus centros de origen primarios o secundarios.

Cuadro 3. Producción promedio de las variedades: 'Caturra', 'Catuaí rojo' y 'Catuaí amarillo', en varias localidades de Costa Rica.

N° ENSAYO	N° COS PROM.	CATURRA		CATUAI ROJO		CATUAI AMARILLO	
		(*) FAN/Ha	%	(*) FAN/Ha	%	(*) FAN/Ha	%
1	5	67,7	100	80,3	119	73,3	100
2	4	54,7	100	68	124	59,4	108
3	4	45,2	100	68	149	67,3	149
4	5	111,6	100	101	91	112,4	101
5	3	42,9	100	47,7	111	47	110
6	3	54,2	100	90,3	167	87,5	161
7	4	97,8	100	--	--	113,61	116
8	6	62,1	100	71,25	115	--	--
9	5	56,7	100	--	--	70,3	124
10	2	88,2	100	104,2	118	87,6	99
11	8	67,8	100	78,5	116	--	--
12	7	81,8	100	88,9	109	--	--
		69,22	100	79,8	115	79,8	115

Una fanega equivale a 2 doble hectolitros.

Tomado de: Noticiero del Café, Costa Rica 11 (27) 1-4, Dic. 1987.

Condiciones ecológicas de los experimentos en el Cuadro 3.

LUGAR	ALTURA snm	PRECIP. PROMEDIO	T °C	TIPO DEL SUELO
1. Turrialba, Cartago	650	2687	22,5	Aluviales y fluviolacustres franco arcilloso arenosos.
2. Paraíso Cartago	1000	2126	19,6	Suelos pesados. Proceso laterización.
3. La Unión, Cartago	1200	1713	19,0	Suelos derivados de cenizas volcánicas.
4. Curridabat, San José	1150	2240	20,5	Pardoamarillentos, cenizas, volcánicas.
5. Aserrí, San José	1150	2218	20,5	Lateríticos, Rojizos Purireb.
6. Sto. Domingo, Heredia	1169	2240	20,5	Suelos pardo amarillentos, cenizas volcánicas. Arenón-P.
7. Barva, Heredia	1180	2200	20,5	Suelos pardoamarillentos, cenizas volcánicas. Arenón-P.
8. Central, Alajuela	1400	3280	19,5	Suelos derivados de cenizas volcánicas.
9. Central, Alajuela	850	2300	20,5	Suelos derivados de cenizas volcánicas.
10. Central, Alajuela	1400	3280	19,2	Suelos pardoamarillentos, cenizas volcánicas. Arenón-P.
11. Valverde V., Alajuela	1050	2516	21,8	Suelos pardoamarillentos, cenizas volcánicas. Arenón-P.
12. Valverde V., Alajuela	1260	3250	19,0	Suelos derivados de cenizas volcánicas.

Cuadro 4. Producción por año y promedio de 4 años de líneas de híbrido 'Pcas' x 'Maragogipe' (F_4) en QQ oro/Mz. en cantón Lagunetas, San Vicente, a 1050 msnm. ISIV-El Salvador.

Líneas	PRODUCCION QQ ORO/MZ.				PROMEDIO
	77/77	77/78	78/79	79/80	
L3	48.16	93.27	89.71	102.41	82.24
L4	51.96	78.17	95.03	108.44	83.40
L5	60.40	115.03	103.48	85.35	91.07
L6	79.94	89.26	104.81	98.14	93.05
L7	58.85	71.95	104.81	49.84	68.19
L8	62.62	87.71	98.14	81.71	91.38
L9	72.39	88.38	131.45	66.17	89.71

Inicio: 1974. Distanciamiento 1.25 x 1.25 m

Nº 4487 Plantas/Mz.

Tomado de Curso Caficultura PROMECAFE, El salvador 1987.

Por esa razón varias excursiones fueron realizadas al Africa Oriental, donde se colectaron plantas con resistencia a la roya y susceptibles de diferentes lugares: Archer 1951, Wellman y Cowgill 1956, Sylvain 1953, Lejecine, Bechtel y Meyer 1956; Meyer, Monaco, Fernie y Narasimhaswamy 1965 y Charrier 1965-75. (11).

Este material entre los cuales están el S-12 Kaffa, Geisha, KP-423, S6 Cioiccie, etc. han mostrado problemas tan importantes de adaptación y producción, que restringen su uso comercial en zonas donde se cultivan variedades de porte bajo.

Por esta fecha el Centro de Investigaciones de las Royas del Cafeto, CIFIC, Portugal, identificó que el hongo causal de la roya también presentaba variabilidad genética, identificando al menos 30 razas diferentes.

El segundo lugar para buscar la variabilidad era las otras especies del género Coffea sp., las cuales presentan muchísima variabilidad por ser plantas alógamas o de polinización cruzada.

4.2. Variabilidad en otras especies

Desde los primeros trabajos para encontrar la resistencia a la roya se pensó en las otras especies teniendo en cuenta su riqueza genética. Algunos países de Africa las utilizaron directamente, el caso del 'Robusta', lo cual no fue posible en los países donde se cultivaba el C. arabica. Los programas de hibridación tuvieron problemas de compatibilidad entre las especies, ya que el C. arabica es auto fértil y posee el doble de cromosomas ($2n= 44$). La mayoría de las otras especies tienen $2n= 22$ y son autoincompatibles.

Muy poco se conoce acerca de los factores genéticos de estas especies. Podría decirse que la más estudiada es el Coffea canephora la cual presenta mucha variabilidad entre árboles, en el tamaño de la semilla, en su productividad, en su vigor y en muchas otras características desconocidas. Esta misma variabilidad le permite a las especies sobrevivir en ambientes bajo la presión de diferentes problemas fitosanitarios. En una población de 'Robusta' se pueden observar plantas con diferente susceptibilidad a la roya, hasta plantas que no llegan a ser atacadas. Esta misma situación debe presentarse con relación a cualquier otro problema, como serían los nematodos.

Por esta razón la hibridación interespecífica debe jugar un papel muy importante en el programa de mejoramiento genético del café.

Se han obtenido y estudiado muchos híbridos triploides ($2n=33$) entre C. arabica y C. canephora, pero resultan muchas anormalidades y esterilidad. Algunos diploides de este cruce han dado plantas con 44 y 55 cromosomas. Las plantas de 44 cromosomas han demostrado ser interesante. Una de estas plantas productiva y autofértil mostró características muy similares a las del 'Maragogipe' (10). La obtención de esta planta demuestra que los triploides son una fuente permanente de variabilidad que pueden usarse en la búsqueda de nuevas plantas de café, vigorosas, resistentes a las enfermedades y productoras de bebida de alta calidad. Trabajo semejante viene realizando CENICAFFE en Colombia con mucho éxito.

Otra forma de realizar híbridos interespecíficos se ha hecho induciendo la duplicación del número de cromosomas por medio de la técnica de la colchicina, en concentraciones que varían desde 0.15 a 0.60%, cuando las semillas están germinando (13).

Esta técnica fue utilizada para crear el 'Icatú' variedad en desarrollo por el Instituto Agronómico de Campinas, Brasil y por el IRCC de Francia en el híbrido 'Arabusta'. (1).

El híbrido interespecífico más importante en el mejoramiento genético para resistencia a la roya es el 'Híbrido de Timor', (C. arabica x C. canephora), el cual es resistente a las 31 razas patogénicas del hongo. Este germoplasma fue localizado entre plantas susceptibles de 'Typica'. Posiblemente debido a una adaptación a lo largo de varias generaciones produjo un balanceamiento de cromosomas. Se trata de un material con una gran afinidad con las variedades de C. arabica, lo cual evita que ocurran trastornos de orden fisiológico, como aneuploides, presentes de cruces artificiales. (1).

Del 'Híbrido de Timor' existen 3 introducciones clonales al CIFC con los números 832/1, 832/2 y 1343. El primero de ellos se utilizó para crear el 'Catimor', el segundo para el 'Sarchimor' y el tercero para la 'Variedad Colombia'.

Si se tiene en cuenta la variabilidad heredada del C. canephora es de esperarse que cada clon del 'Híbrido de Timor' de origen a poblaciones genéticamente diferentes. De hecho en los trabajos realizados por PROMECAFE sobre resistencia a nematodos Meloidogyne exigua en el clon CIFC 832/1, no se ha encontrado nada, no así en los clones CIFC 832/2 y CIFC 1343.

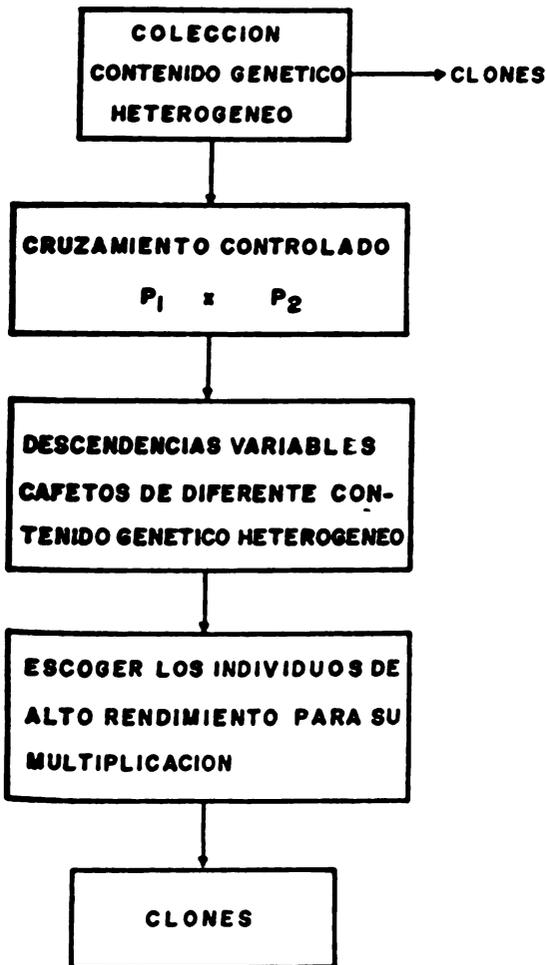
5. PROGRAMA DE SELECCION Y ESTABILIZACION DE VARIEDADES DE CAFE.

La Figura 1 describe los pasos que se deben seguir en el mejoramiento genético de cafés de las especies C. canephora y C. arabica.

Figura 1. Descripción de la metodología de mejoramiento genético y selección de cafés de las especies C. canephora y C. arabica.

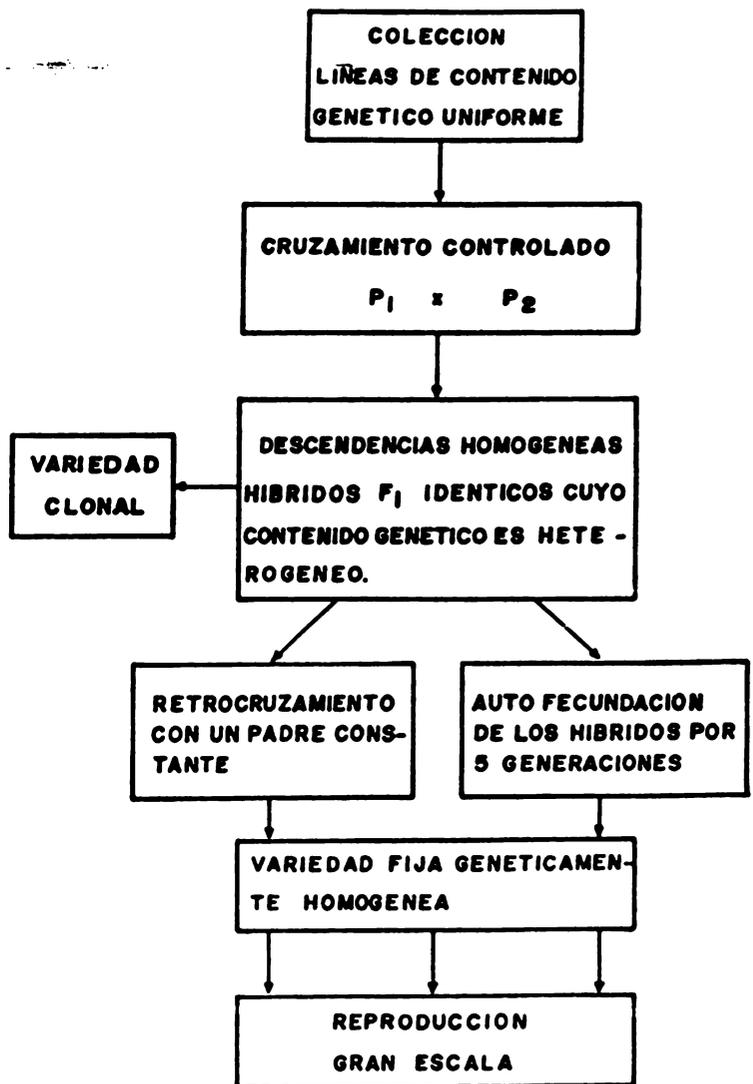
C. canephora

AUTO ESTERIL $2n = 22$



C. arabica

AUTO FERTIL $2n = 4x = 44$



5.1. Selección de C. canephora

Hay que tener en cuenta que por ser planta de polinización cruzada la variabilidad genética es muy grande y que, cuando se toma semilla de una planta no se sabe cual es el padre, a menos que la fecundación se controle artificialmente.

Por consiguiente, se parte de una población de plantas de contenido genético heterogéneo, las cuales pueden ser seleccionadas y reproducidas clonalmente por medio del cultivo de tejidos o de estacas enraizadas o puede iniciarse un programa de hibridación controlado.

En la hibridación controlada se obtienen descendencias variables de cafetos con diferente contenido genético. Esta hibridación se realiza para mejorar alguna característica de la planta o para lograr la heterosis o vigor híbrido en sus descendencias. Se seleccionan los individuos de alto rendimiento y calidad para su multiplicación asexual o clonal.

En este caso el agricultor recibirá plantas procedentes de estacas o de cultivo de tejidos.

5.2. Selección de Coffea arabica

Se parte de una colección de líneas con contenido genético uniforme. Por ser plantas autofértiles sus descendencias son muy poco variables.

Se realizan cruzamientos controlados entre individuos de características seleccionadas generalmente muy próximos o emparentados. Las descendencias, híbridos F_1 , son muy homogéneas, pero de contenido genético, para los caracteres en selección, heterogéneos. Estos individuos pueden

ser multiplicados asexualmente por cultivo de tejidos o por estacas enraizadas.

El enraizamiento de estacas en C. arabica presenta muchas dificultades, visibles en el pegue o porcentaje de prendimiento. Por esta razón la multiplicación asexual en esta especie ha tenido poco uso.

Obtenido el F_1 se seleccionan, rápidamente sin esperar varias cosechas individuos de características deseadas los cuales pueden ser autofecundados a través de varias generaciones o retrocruzado con un mismo padre hasta obtener una variedad genéticamente uniforme que será reproducida en gran escala para el uso directo de los agricultores.

6. ESQUEMA DE SELECCION DEL 'Arabusta', 'Icatú' y 'Catimor'

La Figura 2 muestra el esquema general de selección de los híbridos interespecíficos creados por diversas instituciones, actualmente en selección: 'Arabusta' e 'Icatú', mediante la duplicación de cromosomas.

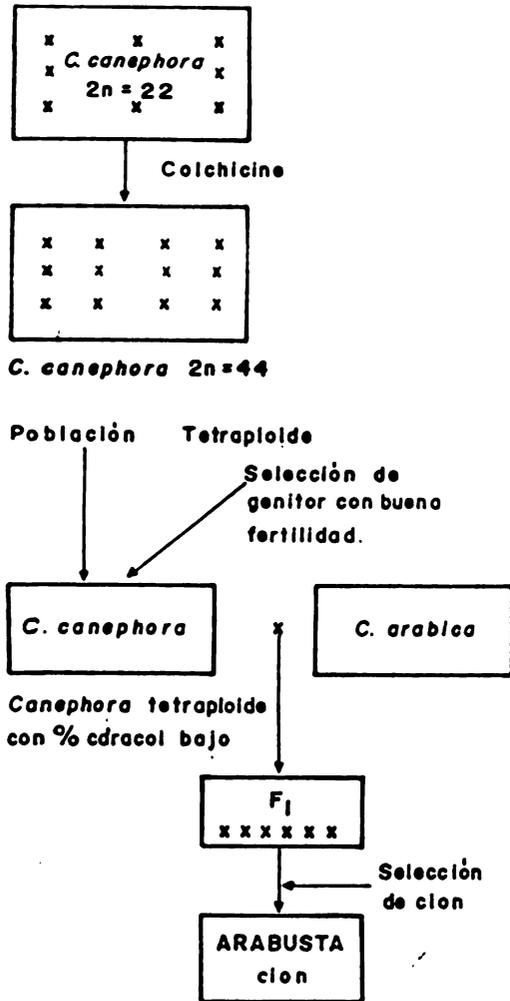
6.1. El 'Arabusta'

Parte de la selección de plantas de C. canephora las cuales son duplicadas en su número de cromosomas con la colchicina. El producto de esta duplicación debe ser seleccionado cuidadosamente para escoger plantas con buena fertilidad (bajo porcentaje de granos caracol).

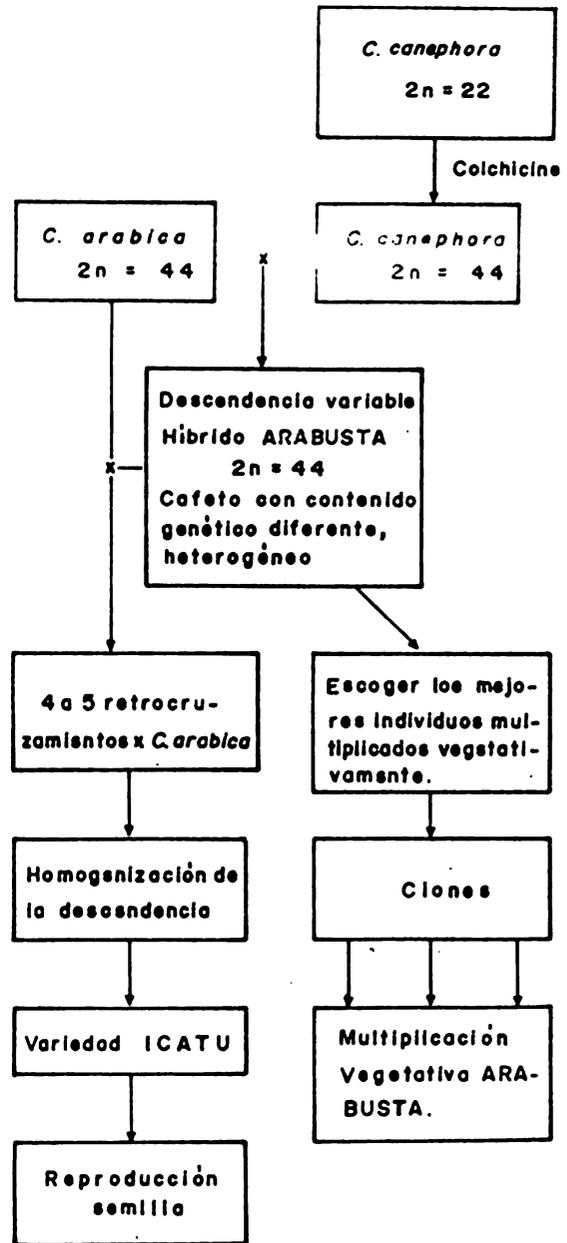
Las plantas mejores son cruzadas con C. arabica para obtener un F_1 variable con diferente contenido genético, heterocigote. Estas plantas F_1 deben ser seleccionadas para sus características agronómicas, de calidad de bebida y resistencia a la roya o a los problemas de interés. Se debe tener presente el contenido de cafeína en la bebida, el cual puede ser muy alto,

Figura 3. Esquema de selección del Arabusta y el ICATU.

CREACION DEL ARABUSTA



ICATU - ARABUSTA



15-16% por su padre el C. canephora.

Las mejores plantas serían multiplicadas por cultivo de tejidos o por estacas enraizadas. Este último procedimiento es posible. En algunos países del Africa; Costa de Marfil y Camerum lo hacen en cantidades comerciales. El agricultor recibirá plantas reproducidas por estos medios.

6.2. El 'Icatú'

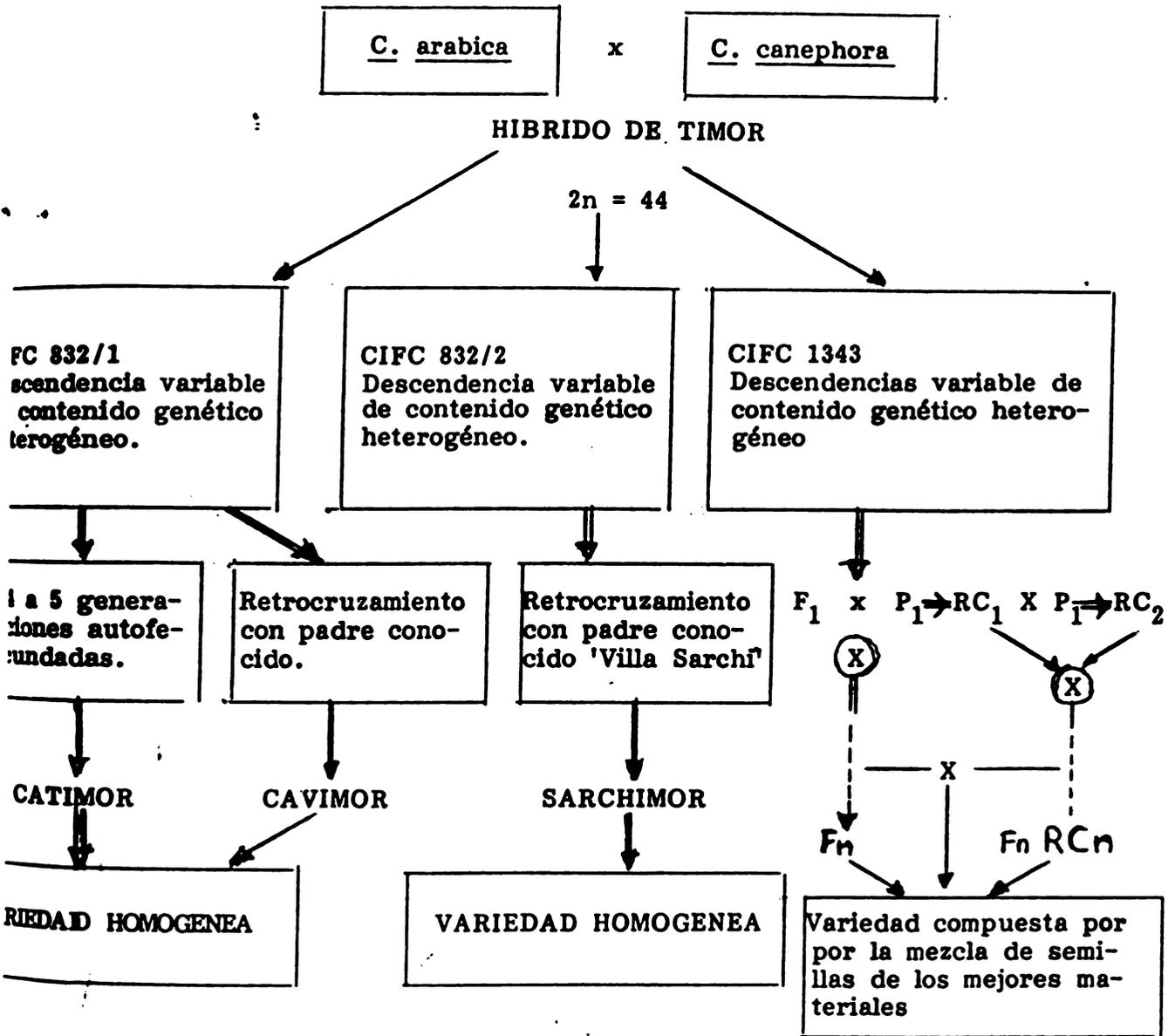
Hecha la selección del C. canephora, se duplican los cromosomas de las plantas seleccionadas. La población F_1 de diferente contenido genético, después de seleccionar los individuos mejores se pueden autofecundar o retrocruzar hacia el padre más estable para homogenizar la descendencia. Las veces que esto ocurra dependerá de las descendencias subsiguientes y deberá ser hecha tantas veces como se requiera. Se debe tener en cuenta que cada retrocruce con la variedad C. arabica, aumentará su proporción en el contenido genético del material, lo cual puede poner en peligro su variabilidad; ejemplo para resistencia a la roya.

La rapidez de este proceso dependerá en gran parte del C. canephora utilizado ya que la variabilidad podría llegar a ser un problema al momento de estabilizar la variedad que se desea distribuir al agricultor.

6.3. Mejoramiento a partir del 'Híbrido de Timor'.

La Figura 3 muestra el esquema de mejoramiento utilizado para la selección de una variedad con resistencia a la roya empleando como progenitor resistente el 'Híbrido de Timor'.

Figura 3. Esquema de mejoramiento para resistencia a roya empleando como progenitor resistente el 'Híbrido de Timor'.



El CIFIC recibió tres clones de 'Híbrido de Timor'. De ellos el CIFIC 832/1 sirvió para sintetizar la mayoría de las poblaciones de 'Catimor' en selección. De aquí surgen los 'Catimor' distribuidos por PROMECAFE a los países con los números del Banco de Germoplasma de Turrialba: T 5159, T 5175, T 5269, T5323 y la llamada Serie T 8600 del número T 8654 al T 8673. Estos mismos materiales fueron retrocruzados con las variedades comerciales 'Catuaí': T 5305 a T 5307, con 'Mundo Novo': T 5315 al T 5318, todos ellos incluidas en un experimento regional distribuido por PROMECAFE a los países de la región. El CIFIC ha hecho recientemente una serie de retrocruces con 'Catuaí' que están siendo distribuidos a los países. En todos estos materiales la reproducción por semilla será la meta, ya que todos ellos se encuentran en estado avanzado de selección y sus descendencias son bastante homogéneas.

El clon CIFIC 832/2 ha sido utilizado por el CIFIC únicamente en un cruce con la variedad 'Villa Sarchí' para formar el 'Sarchimor' plantas muy promisorias en selección por los países. Algunas de sus descendencias han mostrado resistencia al nematodo Meloidogyne exigua.

El clon CIFIC 1343 fue introducido a varios lugares de América. En Turrialba recibió el N° T 4387 y en Colombia el N° CCC 48. Este material fue aprovechado por Colombia para iniciar un proceso de selección de un híbrido con el 'Caturra amarillo'. Este híbrido fue trabajado a través de dos vías: la autofecundación y el retrocruce con el 'Caturra'. Las poblaciones resultantes fueron evaluadas en F₃ en diferentes localidades de ese país. las mejores líneas de cada localidad han servido para crear una variedad compuesta por la mezcla física de sus semillas y que recibió el

nombre de 'Variedad Colombia'. Al igual que en el caso anterior el objeto era entregar semillas de una variedad homogénea a los agricultores.

7. BENEFICIOS DE UNA MULTIPLICACION ASEXUAL EN EL PROCESO DEL DESARROLLO DE GERMOPLASMA DE CAFE CON CARACTERISTICAS SOBRESALIENTES.

Hasta la fecha los genetistas y fitomejoradores del café de la especie Coffea arabica no habían tenido una metodología que les permitiera multiplicar asexualmente plantas de características sobresalientes.

En la última década investigadores de Brasil; M. Sondal, de Francia; P. Dublín y de otros países investigaron y desarrollaron una técnica, en condiciones de medios de cultivo asépticos.

El PROMECAFE interesado en acortar el tiempo que requería la selección por semillas de las variedades de café, con la ayuda del AID/ROCAP y del IRCC, Francia construyó un laboratorio de cultivo de tejidos. Al cabo de varios años se desarrolló una metodología que asegura la posibilidad de multiplicar plantas clonalmente, de genotipo idéntico.

Esta técnica nos permitirá aprovechar los individuos de descendencias variables en F_1 y progenies siguientes.

En las Figuras 1 y 2 se destaca cuando la multiplicación asexual o clonal debe ser utilizada para entregar rápidamente germoplasma a los agricultores.

La multiplicación asexual en gran escala sería una magnífica posibilidad para reducir el tiempo utilizado en el mejoramiento de variedades de C. arabica con perspectivas muy importantes en el combate de las enfermedades y plagas, en la adaptación a condiciones climáticas adversas

y en la calidad y mejoramiento del producto de exportación.

Se debe tener en cuenta que la actividad de mejoramiento genético ha estado orientado exclusivamente a la multiplicación por semilla, por lo que se requiere a nivel regional de programas serios y a largo plazo de genética y mejoramiento del café.

La región presenta problemas fitosanitarios que cada día son más limitantes de la producción que podrían ser solucionados con materiales genéticos más resistentes a ellos. Podríamos mencionar algunas: roya, broca, nematodos, insectos de la raíz y ojo de gallo.

La resistencia a estos problemas debe ser buscada en otras especies, ya que como dijimos el C. arabica no posee variabilidad genética.

Los híbridos interespecíficos podrían ser evaluados ante estos problemas, seleccionados y multiplicados en primeras generaciones por cultivo de tejidos.

PROMECAFE apoyará a Guatemala, Honduras y El Salvador a crear la infraestructura de laboratorio que necesita la multiplicación por cultivo de tejidos. No obstante debemos tener en cuenta que se requiere de un programa de fitomejoramiento bien estructurado, para identificar y seleccionar las plantas que deberán ser multiplicadas asexualmente con un objetivo determinado.

8. BIBLIOGRAFIA

1. BETTENCOURT, A. J.: Variedades de café 'Arabica' resistente a la roya y perspectivas para su utilización en la caficultura del futuro. Serie IICA: Publicaciones Misceláneas N°393. Zona Norte.
2. BRAUER, O. Fitogenética Aplicada. Ed. Limusa, México. 1985.
3. CAMPOS, E. El 'Catuaí', la mejor variedad de café de Costa Rica. Noticiero del Café II (27) 1-4. 1987.
4. CARVALHO, A. Distribuição geográfica e Classificação Botânica do Género Coffea com referencia especial arabica. Separata dos Boletines do Superintendencia dos Serviços do Café, ns 226 a 230, Dez 1945 a Abril 1946. Brasil.
5. CARVALHO, A. Recientes progresos en nuestro conocimiento del árbol de café, II - Genética. Traducción de Gil Chaverri R.
6. _____; MONACO, L. y ANTUNES FILHO. Melhoramento do cafeeiro, XV Variabilidad observada en progenies de café. *Bragantia* 18(26):1959.
7. CASTILLO Z. J. Actividades de Colombia en investigación en mejoramiento genético del café. In: IV Reunión Regional de Especialista en Mejoramiento Genético del Café, Antigua, Guatemala 1-5 Oct. 1984.
8. _____. esquema de mejoramiento y selección del 'Catimor' en Colombia. In: IV Reunión Regional de Especialistas en Mejoramiento Genético del Café, Antigua, Guatemala 1-5 oct. 1984.
9. LEON, J. Especies y cultivares (variedades) de Café. Materiales de Enseñanza de Café y Cacao, IICA, Turrialba, Costa Rica, N°23, 1962.
10. MENDES, A. J. A hibridacao interespecífica no melhoramento do cafeeiro. *Bragantia* 11 (10-12):297-306. 1951.
11. SYLVAIN, P. y CORDOBA, J. Lista de las introducciones de café del CATIE, Turrialba. 96p. 1968.
12. SYBENGA, J. Genética y citología del café. Una revisión de literatura. *Turrialba* 10(3)83-137. 1960.

13. TEIXEIRA MENDES, A.J. Recientes progresos en nuestro conocimiento del árbol del café. III Citología. Traducción del Inglés por Edilberto Camacho V.

TENGO ENVIDIA DE LOS JOVENES
Y PENNA DE PERSONAS COMO EL
DR. CARVALHO POR LA ESCASA
VARIABILIDAD GENETICA CON
QUE DEBIERA TRABAJAR

A. Betencourt.

LA HIBRIDACION INTERESPECIFICA EN CAFE Y LAS
POSIBILIDADES DE LOS HIBRIDOS TRIPLOIDES

Francisco Javier Orozco C.*

INTRODUCCION

La especie Coffea arabica L. y especialmente las variedades caturra y típica cultivadas en Colombia, tienen escasa o nula variabilidad genética, poseen muy buenas características de calidad de la bebida y un nivel aceptable de producción por árbol, pero carecen de algunas cualidades necesarias para alcanzar una mejor productividad, tales como la resistencia a plagas y enfermedades y la rusticidad o la tolerancia a factores adversos de clima y suelo.

La mayoría de las características deseables para las variedades cultivadas de C. arabica se encuentran en especies diploides, tales como: C. canephora, C. liberica, C. stenophylla. La manera más adecuada de introducir a C. arabica las buenas características de estas especies es mediante un programa de hibridación interespecífica diseñado para tal fin.

Dicho programa se implementó y desarrolló en CENICAFE con base en hipótesis descritas en 1976 (13), las cuales se fundamentan en las ventajas de utilización de los híbridos triploides, como vía de mejoramiento genético de C. arabica; esencialmente se argumentó la incorporación inicial de menor número de caracteres de la especie diploide, por la no duplicación de cromosomas de la misma, antes de los cruzamientos con la especie tetraploide C. arabica. También se postuló la recombinación forzosa de características de la especie diploide con la tetraploide, al enfrentarse en la meiosis del híbrido, los juegos cromosómicos simples de las dos especies.

* Asistente de la Sección de Fitomejoramiento. Centro Nacional de Investigaciones de Café -CENICAFE-, Chinchiná, Caldas, Colombia.

En el presente artículo se amplían las hipótesis mencionadas y se discuten algunos de los resultados obtenidos en 15 años de trabajo de hibridación interespecífica, utilizando los híbridos triploides, como fuente básica de materiales, para la producción de variedades mejoradas de C. arabica.

CARACTERISTICAS DEL GENERO Coffea

El género *Coffea* puede dividirse de acuerdo con el número cromosómico en dos grupos: un grupo constituido por la mayoría de las especies del género (C. canephora, C. liberica, C. stenophylla y C. racemosa) con $2n = 22$ cromosomas (especies diploides) y un grupo conformado por la única especie tetraploide de C. arabica, con sus variedades Caturra, Típica, Borbón, etc., con $2n = 44$ cromosomas.

Estos dos grupos de especies difieren, además del número cromosómico, en algunos aspectos básicos como la forma de la polinización; cruzada, para la mayoría de las especies diploides, debida a la autoincompatibilidad. Esta característica origina la heterocingocis o heterogeneidad entre las plantas de las especies diploides, mientras que las variedades de C. arabica son altamente homocigotas u homogéneas, debido a su casi completa autopolinización.

Las especies diploides poseen una serie de características de resistencia a plagas y, especialmente a enfermedades como la roya y el CBD, que no tienen las variedades de C. arabica. Además, tienen ventajas en cuanto a rusticidad y factores que pueden aumentar la producción, tales como: el mayor número de nudos con frutos y de frutos por nudo, los cuales sería conveniente introducir a C. arabica, conservando la calidad del grano y de la tasa de esta especie.

FUENTES DE GENES PARA EL MEJORAMIENTO DE C. arabica

Para mejorar las características de las variedades cultivadas de C. arabica pueden mencionarse tres grupos de plantas, como fuentes de genes. Estos son: a) Otras introducciones o variedades de C. arabica, especialmente las de origen etíope; b) Los híbridos interespecíficos naturales, tales como el Híbrido de Timor (híbrido natural entre las especies C. arabica y C. canephora) (3,4) con características predominantes de C. arabica y la resistencia a la roya y al CBD de C. canephora; y 3) Los híbridos interespecíficos artificiales o elaborados por los mejoradores en distintos centros experimentales, con diversos métodos y diferentes objetivos. Consideramos que el grupo más promisorio para los mejoradores de C. arabica en este último, es decir, las plantas provenientes de la hibridación interespecífica orientada.

En el mejoramiento genético del cafeto por hibridación, entre especies diploides con la especie tetraploide C. arabica, se han utilizado básicamente dos métodos: 1) La duplicación de la especie diploide y el cruzamiento posterior del tetraploide artificial con la especie C. arabica. Por este método se han creado los Arabusta en Costa de Marfil (1, 5) y el Icatu en el Brasil (6, 7, 8). En ambos casos con propósitos diferentes, en los Arabusta para mejorar las características de C. canephora y en el Icatu para mejorar las variedades de C. arabica. El segundo caso (Icatu), más cercano al nuestro (cultivadores de C. arabica), se ha desarrollado un programa de mejoramiento que ha demandado más de 40 años de trabajo y entre 3 y 4 retrocruzamientos del híbrido a C. arabica. Este proceso tan prolongado es debido a la numerosa cantidad inicial de características de la especie diploide C. canephora, que se introdujo en el híbrido por haber duplicado esta especie antes de realizar los cruzamientos y a que se utilizaron varias variedades de C. arabica, como progenitores recurrentes, en los retrocruzamientos.

Otro método utilizado, primero en Brasil y más recientemente en Africa (10), es la realización del cruzamiento sin duplicación inicial entre las especies diploide y tetraploide, la obtención de híbridos F1 triploides y la posterior duplicación cromosómica de éstos, para obtener plantas hexaploides. Estos híbridos han presentado algunos inconvenientes debidos a la complejidad del funcionamiento cromosómico, por tener plantas con 2 genomas completos de cada especie ($2n = 66$ cromosomas).

Ambas vías de hibridación interespecífica se han utilizado basados en la creencia que los híbridos triploides son estériles o casi estériles (1, 5, 6, 16) y que la única forma de alcanzar híbridos fértiles es duplicando la especie diploide o el híbrido triploide. Consideramos que estas conclusiones fueron debidas a que se utilizaron pocos progenitores de la especie diploide para los cruzamientos y además, a que se obtuvieron y estudiaron pocos híbridos triploides F1.

En una planta perenne o semiperenne, como el café, los procesos de mejoramiento y la producción de nuevas variedades pueden demandar entre 20 y 30 años, mucho más si se utilizan métodos de hibridación interespecífica o intervarietal, en los cuales haya que recurrir a varios retrocruzamientos y a varios ciclos de selección.

Debido a estas dificultades era conveniente estudiar y proponer alternativas eficientes que demandarán menor tiempo para la producción de variedades mejoradas de C. arabica.

Se evidenció, desde los primeros trabajos (11, 12), la posibilidad de utilizar los híbridos triploides, sin duplicación cromosómica, ya que éstos podrían ofrecer la ventaja de portar menor cantidad de características de la especie diploide.

Se observó que los híbridos triploides F1 difieren en cuanto a su grado de fertilidad, poseyendo algunos de ellos, fertilidad aceptable y útil para obtener generaciones F2 o para realizar retrocruzamientos a C. arabica.

Cada vez está más claro que el género Coffea posee un genoma básico similar para todas las especies diploides (2, 9), existiendo pocas diferencias que establezcan una barrera tal, que separe las especies diploides, haciéndolas incompatibles o imposibles de cruzar entre sí. En la meiosis de los híbridos entre las especies diploides, los cromosomas se asocian en bivalentes en número cercano a 10, aún, perteneciendo a subsecciones diferentes. La especie tetraploide C. arabica posee un genoma similar al de las especies diploides y otro un poco diferente, probablemente compuesto por cromosomas modificados de varias especies diploides. La especie tetraploide C. arabica evidencia la homología cromosómica en los cruzamientos con las especies diploides, en las asociaciones bivalentes y trivalentes en la meiosis de los híbridos triploides (2, 9).

Se postuló (13) que si se utilizaban los híbridos triploides se podía lograr el intercambio genético forzoso entre los genomios de C. arabica y C. canephora, por asociación o intercambios entre cromosomas homólogos u homeólogos. Consideramos hoy que esta hipótesis se puede generalizar a varias de las combinaciones entre especies diploides y C. arabica.

Existe diferente grado de aptitud combinatoria específica entre los árboles de las especies diploides y una variedad de C. arabica, es decir, que no todos los árboles de la especie diploide son igualmente compatibles con determinada variedad de C. arabica y las variedades de C. arabica no tienen el mismo grado de compatibilidad o posibilidad de obtención de híbridos, con una determinada especie diploide. Por lo anterior, existe

la necesidad de realizar numerosos cruzamientos con diferentes progenitores diploides y algunas variedades "tipo" de C. arabica. Debido a que el género Coffea posee el mismo genoma básico hace que sean frecuentes las asociaciones cromosómicas en los híbridos de las especies. Este hecho facilita el intercambio de genes entre especies y el trabajo de mejoramiento genético por hibridación interespecífica. La no duplicación de la especie diploide, antes de cruzarla con C. arabica hace menor el número de caracteres no deseados, acortando el proceso de mejoramiento.

Para presionar la selección de los gametos viables, con cerca a 22 cromosomas, en los híbridos triploides, ya que éstos producen gametos con diferente número cromosómico, se rodearon los árboles triploides con plantas de la variedad seleccionada de C. arabica, la cual posee gametos masculinos (polen) y femeninos (óvulos) con 22 cromosomas.

Las combinaciones viables dirigidas (retrocruzamientos) o los cruzamientos naturales (semillas de los híbridos triploides) resultan, la mayoría, con 44 cromosomas o con número cercano a 44.

El trabajo de mejoramiento genético utilizando los híbridos triploides se esquematiza en la Tabla 1, en la cual se describen dos rutas: 1) el retrocruzamiento dirigido del híbrido triploide a C. arabica; y 2) la obtención de generaciones a partir de la polinización natural del híbrido triploide; en este caso, se utiliza además de la herencia de origen nuclear, la herencia citoplásmica que se tenga en las plantas triploides que se han utilizado como progenitor femenino.

TABLA 1. Esquema de mejoramiento utilizando triploides

P	<u>C. arabica</u>	x	<u>C. canephora</u>
1	F1 triploide		F1 de RC1
2	G2 (2a. generación)		F2 de RC1
3	G2 (3a. generación)		F3 de RC1
n	Gn (n generación)		Fn de RC1

RESULTADOS

Resistencia a la roya

Tanto en los materiales de retrocruzamiento dirigido, como en las progenies de polinización natural, son frecuentes las plantas con resistencia específica (Tabla 2) en mayor porcentaje en las generaciones de polinización natural (G2 y G3).

Adaptación de las escala de Eskes

Dentro de las plantas que no presentan resistencia específica se evidencian diferentes grados de resistencia parcial, manifiestos en el tipo de reacción.

TABLA 2. Respuesta al ataque de roya. Número y porcentajes de plantas con resistencia específica o parcial en varias generaciones de H. triploides

GENERACION	RESISTENCIA ESPECIFICA		GRADOS DE RESISTENCIA PARCIAL					
	RESISTENTES PLANTAS #	%	SUSCEPTIBLES PLANTAS #	%	RESISTENTES 0.5 - 2.0	MODERADAMENTE RESISTENTES 2.5 - 5.0	MODERADAMENTE SUSCEPTIBLES 5.5 - 7.0	SUSCEPTIBLE 7.5 - 9.0
F1 de RC1	270	35	510	65	15	20	45	20
F3 de RC1	10	3	280	97	18	43	27	12
G2	565	48	615	52	22	30	45	3
G3	115	35	210	65	18	18	20	44

En las poblaciones de origen híbrido, especialmente en la segunda generación de triploides (G2), son más frecuentes las plantas con algún grado de resistencia parcial, siendo relativamente escasas las plantas que presentan susceptibilidad similar a la variedad Caturra (alto porcentaje de hojas atacadas, amarillamiento, defoliación y secamiento de frutos). Tabla 2.

De los resultados generales anteriores, puede deducirse que: a través de los híbridos triploides pueden incorporarse a C. arabica genes de resistencia específica e inespecífica o general a la roya del cafeto. Por las proporciones de plantas con diferentes grados de resistencia parcial y por el número bajo de plantas completamente susceptibles (tipo Caturra), puede entreverse la presencia de varios genes de resistencia parcial o no específica en estas poblaciones.

Tipos de árbol

Los árboles F1 triploides presentan en general, características intermedias entre las especies C. arabica y C. canephora varían, de acuerdo con el progenitor de C. canephora, especialmente en tamaño y forma de las hojas. En las condiciones de Colombia (CENICAFE) son muy vigorosos y con ramificación abundante.

Las plantas provenientes de polinización natural de triploides (G2) presentan una amplia variación morfológica en cuanto a tipos de árbol, forma de las hojas, flores, frutos, etc. Se pueden clasificar en 5 grupos, de acuerdo a su fenotipo. Tabla 3.

TABLA 3. Tipos de árbol en 2a generación de H. triploides

T I P O	P L A N T A S	
	Nº	%
1. Tipo Caturra	59	5
2. 75% Caturra	378	31
3. Intermedio	418	34
4. 75% Canephora	35	27
T O T A L	1214	100

Hay dos grupos de plantas similares a los progenitores: C. arabica var. Caturra o C.canephora (tipos 1 y 5). Dos grupos con características pre dominantes de uno de los progenitores, pero con algunos rasgos del otro (tipos 2 y 4). y un grupo intermedio, el más numeroso, que reúne las plantas de tipo intermedio, los anormales, los nuevamente triploides, algunos posiblemente aneuploides y algunas plantas con características diferentes a las de los progenitores o a las combinaciones entre estos "tipos nuevos" (Grupo 3). Tabla 3.

Las plantas similares a los progenitores son poco numerosas (3 y 5%), pero las plantas en las que predomina uno de los progenitores representan un 30% de la población en cada tipo (tipos 2 y 4).

Esta distribución nos permite seleccionar plantas de tipo Caturra o predominantemente Caturra o de tipo canephora o predominantemente canephora. Esto hace que la vía de los híbridos triploides sea útil, tanto para los mejoradores de C. arabica como para los mejoradores de C. canephora. Los tipos de árbol similares a C. canephora son el producto del entrecruzamiento de plantas F1 triploides y no aparecen en los retrocruzamientos.

TABLA 4. Tipos de árbol con relación al Caturra en varias generaciones de híbridos triploides

	F1 de RC1 Plantas		F3 de RC1 Plantas		F3 de Triploides Plantas	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Tipo 1	0	0	0	0	0	0
Tipo 2	1	0.5	0	0	0	0
Tipo 3	1	0.5	0	0	0	0
Tipo 4	41	14	1	0.5	12	4
Tipo 5	31	10	1	0.5	5	1
Tipo 6	39	13	12	4	36	11
Tipo 7	54	18	97	34	55	17
Tipo 8	50	16	170	59	117	31
Caturra 9	86	28	6	2		
T O T A L	304	100	287	100	328	100

En las plantas provenientes de retrocruzamiento controlado y de la tercera generación de polinización natural de híbridos F1 triploides, después de seleccionar (en la segunda generación), las plantas de tipo Caturra o predominantemente Caturra, fue necesario establecer una escala de clasificación fenotípica diferente a la descrita en la Tabla 3, teniendo como prototipo la variedad Caturra de C. arabica (tipo 9). Los tipos 1, 2 y 3 son plantas diferentes al Caturra o anormales; los tipos 4 a 7 tienen algunas características de C. canephora, pero en porcentajes relativamente bajos.

Los porcentajes establecidos en la Tabla 4, para cada tipo de planta, muestran como en estas poblaciones, F1 de RC1 y G3 (tercera generación de triploides) predominan las plantas con fenotipo cercano o similar al de la variedad Caturra, con variación un poco mayor en las plantas F1 de RC1.

Las características fenotípicas descritas, diferencian claramente la población de retrocruzamiento dirigido de la población originada en la polinización natural de híbridos triploides.

PRODUCCION

Como ya se mencionó, los híbridos triploides F1 varían en cuanto a su grado de fertilidad, habiendo desde plantas estériles o casi estériles hasta medianamente fértiles, estas últimas facilitan la obtención de progenies, especialmente de polinización natural.

Dentro de los híbridos F1 aparece un porcentaje relativamente alto (1%) de autoploidos espontáneos, fértiles y en su mayoría de tipo ARABUSTA, es decir, predominan en ellos las características de C. canephora y la hoja grande y ovalada.

Unicamente un árbol, de 10 autoploiploides, presenta características de C. arabica, fertilidad y resistencia específica a la roya.

Producción en generaciones de retrocruzamiento

Las plantas de primera generación de retrocruzamiento (F1 de RC1), presentan en su producción acumulada de tres cosechas (en kilogramos de café en cereza), una distribución normal, con tendencia similar a la de plantas de la variedad Caturra sin control de roya. Hay un buen número considerable de plantas que superan los promedios del Caturra (100 de 300). Figura 1. Esta producción superior se debe a la fertilidad de las plantas y a la resistencia a roya.

Al observar en la Figura 2 la distribución de los árboles de la tercera generación del primer retrocruzamiento (F3 de RC1), respecto a su producción, puede verse claramente que las plantas de origen híbrido superan en su gran mayoría los promedios del Caturra, el promedio de la población F3 está por encima del límite superior del Caturra; el número de plantas poco productivas es bajo. Los resultados anteriores indican que la fertilidad se recupera notoriamente con un retrocruzamiento; en las generaciones posteriores, F3 de RC1, se alcanzan niveles de producción altos en la mayoría de las plantas, pudiéndose conseguir progenies muy productivas.

Generaciones de polinización natural

Las plantas de la segunda generación de triploides (G2) muestran una distribución asimétrica, dispersa y sesgada hacia un mayor número de individuos de baja producción o fertilidad (en esta población puede haber buen número de triploides, aneuploides y anormales); es notable que con sólo una generación, a partir de plantas triploides, se encuentren numerosas plantas fértiles, comercialmente productivas. Aproximadamente 300 plantas

de un total de 1.200 (25%), superan el promedio de producción de las plantas de la variedad Caturra sin control de y más de 60 plantas (5%), superan los 30 kilogramos de café en cereza (un promedio de 10 kilogramos por árbol/año, producción similar a la de las mejores variedades cultivadas). Figura 3.

En la tercera generación (G3), la población se distribuye en forma casi normal. Más de la mitad de las plantas superan los promedios del Caturra y de nuevo se tienen plantas con alta producción (más de 30 kilos). Figura 4.

Al comparar las dos poblaciones (de retrocruzamiento y de polinización natural), es fácil establecer la diferencia entre la F1 de RC1 y la segunda generación de triploides (G2). Tienen alguna similitud las poblaciones F1 de RC1 y la tercera generación de triploides (G3). Figuras 1 y 4.

Es necesario aclarar que la mayoría de las plantas de la F1 de RC1 son autofértiles y que las plantas estudiadas de tipo similar a C. arabica en la segunda generación de triploides (G2), también lo son. En las plantas de tipo C. canephora, no se ha estudiado si se presenta esta misma condición.

Características de grano, tamaño y anomalías

Las características de los granos, especialmente los porcentajes de granos anormales son una medida indirecta de las anomalías meióticas o desajustes cromosómicos o génicos de las plantas de origen híbrido; además, deben cumplirse exigencias comerciales determinadas en tamaño de grano y en porcentajes aceptados de anormales.

Las variedades cultivadas, como el Caturra, tienen promedios conocidos y aceptados de las características de grano que sirven como patrón: menos de 4% de granos vacíos o vanos, menos de 8% de granos caracoles y entre 60 y 65% de granos verdes con más de 17/64" (café supremo).

Características de grano en generaciones de retrocruzamiento

En la primera generación de retrocruzamiento hay una variación amplia en cuanto a los porcentajes de granos vacíos, caracoles y en el porcentaje de granos grandes. Figuras 5 a 16. La mayor dispersión y, por lo tanto, los mayores problemas se tienen con los porcentajes altos de granos caracoles y el abundante número de plantas con este defecto. En la Figura 9 se observa claramente que hay 2 subgrupos de plantas en la F1 de RC1; un grupo numeroso con porcentajes cercanos a los de la variedad Caturra (entre 2.5 y 20% de granos caracol) y un grupo igualmente numeroso con porcentajes altos de caracoles (más de 20%).

Por efecto de selección es posible reducir a niveles comerciales los porcentajes de estos defectos (granos vacíos y caracoles), Figuras 6 y 10, y tener buen tamaño de grano en la mayoría de las plantas en la F3 de RC1. Figura 14.

En las generaciones de retrocruzamiento hay progenies completas sin problemas de anomalías en los granos y de buen tamaño de grano desde la F1 de RC1.

La selección garantiza la obtención de progenies F3 de RC1, con muy buena producción, buen tamaño de grano, sin problemas de anomalía en los granos y con resistencia a roya.

Características de los granos en generaciones de polinización natural

Las generaciones de polinización natural son más dispersas y varían más en cuanto a las características de grano, Figuras 7 a 16. Los árboles con problemas, especialmente de granos caracol son numerosos, con la selección, en la tercera generación se concentra la población con los porcentajes menores de 20%, pero aún se encuentran árboles con porcentajes muy altos (más de 40%) de granos caracol, Figuras 11 y 12. Algo similar pero en menor proporción ocurre para los granos vacíos, los cuales constituyen un problema menor y responden mejor a la selección. En la tercera generación, la mayoría de las plantas tienen menos de 15% de granos vacíos. Figuras 7 y 8.

El tamaño del grano en la segunda generación de origen triploide muestra plantas con alto, medio y bajo porcentaje de granos grandes. Buen número de plantas presenta más de 70% de granos con tamaño mayor a 17/64" (café supremo), algunas con más de 80%. Estas plantas son escasas en los retrocruzamientos dirigidos. Figuras 15 y 16.

Muy pocas progenies de la tercera generación (G3) (1 de 16) tienen todas las plantas sin problemas de granos anormales y con buen tamaño de grano. Se requiere avanzar a la cuarta generación.

OTRAS CARACTERÍSTICAS

En las poblaciones de origen híbrido se están tomando una serie de medidas relacionadas con la morfología de las plantas y con características relacionadas con la producción, tales como: ramificación, número de nudos con frutos por rama, número de frutos por nudo, entre otras. En la Tabla 5 se destacan los promedios de estas características.

TABLA 5. Nudos con frutos y frutos por nudo en varias generaciones triploides

GENERACION	PROMEDIO NUDOS CON FRUTOS	FRUTOS POR NUDOS		
		PROMEDIO	MAXIMO	MINIMO
G2	12	10	29	4
G3	12	17	27	5
F1 de RC1	11	14	31	6
F3 de RC1	12	16	25	4
Caturra	10	10	14	4
Canephora	13	27	40	18

El promedio de los nudos con frutos por rama varía poco y es ligeramente superior en C. canephora (13 nudos contra 10 de C. arabica var. Caturra).

En las progenies de origen híbrido son frecuentes las plantas con un número de nudos con frutos superior a Caturra. Los frutos por nudo son una característica más variable, pero es conocido que la especie C. canephora presenta en general, nudos con mayor número de frutos que la especie C. arabica (18). En los materiales de origen triploide, las variaciones son amplias, la mayoría de las generaciones presentan promedios superiores a los de la especie C. arabica y son frecuentes las plantas con un número de frutos por nudo cercano al promedio de C. canephora. Es decir, que es posible obtener y seleccionar plantas potencialmente más productivas que las de la variedad Caturra, dentro de las poblaciones de origen híbrido.

CONCLUSIONES

Como puede deducirse de los resultados, las posibilidades de uso de los híbridos triploides para el mejoramiento de C. arabica, son evidentes. Los progresos genéticos y agronómicos son rápidos y en un período relativamente corto para híbridos interespecíficos, 15 a 20 años, se pueden tener plantas mejoradas con características fenotípicas de C. arabica, la calidad en tasa de esta especie y algunas características deseables de la especie diploide (C. canephora) como la resistencia a roya y caracteres morfológicos que aumentan la producción por árbol, como el número de frutos por nudo.

Hasta la generación F3 se han observado rasgos de heterosis (vigor híbrido). Se pueden tener plantas mejoradas sin retrocruzamiento del híbrido triploide o con un solo retrocruzamiento a C. arabica.

Este sistema de mejoramiento ha sido diseñado y desarrollado especialmente para C. arabica, pero en las progenies F2 de triploides aparecen árboles con el fenotipo de C. canephora, fértiles, de porte bajo y entrenudo corto, que tienen algunas características de C. arabica (no estudiadas aún) y que podrían considerarse útiles para un programa de mejoramiento de C. canephora.

Debido al abundante número de progenitores de C. canephora estudiados, seleccionados (14) y utilizados para los cruzamientos F1 (aproximadamente 100) y la numerosa cantidad de híbridos F1 (1.000) y F2 (más de 3.000) se puede asegurar la amplia variabilidad genética del material básico originado por este sistema.

Se puede evidenciar claramente las diferencias entre plantas provenientes del retrocruzamiento dirigido a C. arabica y las plantas originadas

de la polinización natural, provenientes de retrocruzamiento con C. arabica y entrecruzamientos de triploides. Este último grupo presenta mayor número de recombinaciones entre las especies, desde árboles similares a los de la especie C. canephora hasta árboles similares a C. arabica, pasando por una gama diversa de combinaciones fenotípicas y morfológicas que incluyen tipos nuevos y desde la fertilidad completa hasta la esterilidad. Es probable que el Híbrido de Timor haya tenido origen a partir de una combinación triploide, ya que este tipo de planta, predominantemente cercano a C. arabica, es frecuente (más de 30%) en la progenie de los híbridos F1.

Por lo observado en plantas provenientes de cruzamientos entre C. arabica y C. canephora en Brasil, Costa de Marfil y Kenia (1, 4, 5, 15, 17), puede inferirse que, dentro de las plantas de origen triploide, haya además de la resistencia a la roya, plantas con resistencia a C.B.D. y a los nemátodos. Es posible además, que algunas progenies se adapten mejor que las variedades de C. arabica a zonas de baja altitud o a regiones con clima y suelos diferentes a los óptimos de la región central cafetera colombiana.

Debido a la homología cromosómica entre las especies del género Coffea consideramos que la vía de los triploides puede usarse en combinaciones de C. arabica con varias especies diploides, como C. liberica y C. racemosa.

Si se usa el cultivo de tejidos, pueden aumentarse las posibilidades de tener, no sólo mayor número de combinaciones entre especies, sino nuevas combinaciones, tales como híbridos entre C. arabica y C. stenophylla, difíciles o imposibles de lograr con los sistemas convencionales. En CENICAFE se tienen plantas en el campo, producto de la recuperación de embriones de híbridos entre las especies C. arabica, C. stenophylla, C. liberica, C. congensis y C. racemosa.

Otras técnicas de cultivo **in vitro** como la variación somacional y la obtención de haploides, pueden aumentar las posibilidades del mejoramiento del cafeto por hibridación interespecífica, facilitando la obtención de nuevos recombinantes entre las especies y pudiendo fijar en forma homocigota las características de algunos híbridos en muy pocas generaciones.

SUMMARY

We are based upon hypothesis described in 1976 about the genetic advantages for de C. arabica breeders, when not duplicating the chromosomes of the diploid species and the use of the triploid hybrids.

Triploids increase the probability of chromosome exchange, by the necessary recombinations in meiosis of single chromosome sets of each species. There are minor number of characteristics of diploid species without duplicating the diploid. The selection and breeding process is shorter in this case.

In CENICAFE, we have studied and developed a C. arabica breeding program with triploids from about 90 C. canephora selected trees from several origins and the caturra variety of C arabica. We have F1, F2 and F3 triploid progenies and F1, F2, F3 from RC1. There are more than 6,000 trees from these generations.

In few generations (F3) there are progenies with C arabica genotype, self compatible, productive, parcial of total resistant to coffee rust (H. vastatrix, with good coffee berry characteristics like: size, a low percentage of abnormal grains, and cup taste similar to comercial varieties of C arabica. These results demonstrate the potential of this system in coffee breeding.

We have been using several techniques of "in vitro" tissue culture to support the interspecific hibridization program, obtaining higher numbers of hybrid combinations and in some cases, originating new combinations between diploid species and C. arabica.

The triploid way is useful in C. canephora breeding and can be used with other interspecific combinations.

BIBLIOGRAFIA

1. Berthaud, J. L'hybridation interspecificue entre Coffea arabica L. et Coffea canephora Pierre. Cafe Cacao The XXII (1): 3-12 (2): 87-109. 1978.
2. BERTHAUD, J. and CHARRIER, A. Genetic resources of Coffea. In: Coffee Agronomy. CLARKE, R. J. and MACRAE, R. (eds.) Elsevier Applied Science, N. Y., Vol. 4, Chap. 1, p 1-42. 1988.
3. BETTENCOURT, A. J. Considerações gerais sobre o "Híbrido de Timor", Instituto Agronómico CAMPINAS BRASIL, Circular Nº 23. 20 pp. 1973.
4. BETTENCOURT, A. J. Melhoramento genético do cafeeiro. Junta de Investigações científicas do Ultramar CIFIC. Oeiras, Portugal. 93 p., 1981.
5. CAMBRONY, H. R. Arabusta and other interspecific fertile hybrids. In: Coffee Agronomy, Vol. 4, Chap. 8. p. 263-291. 1988.
6. CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro. Cruzamentos entre C. arabica e C. canephora. ASIC 10º Colloque. Salvador, Brasil. 1982. p 363-368.
7. CARVALHO, A. Pesquisas sobre o melhoramento do café. Anais do E.S.A. "Luiz de Queiroz". Vol. XLIII:793-809. 1986.
8. CARVALHO, A. Principles and practice of coffee plant breeding for productivity and quality factors: Coffea arabica. In: Coffee Agronomy, Vol. 4, Chap. 4, p. 129-165. 1988.

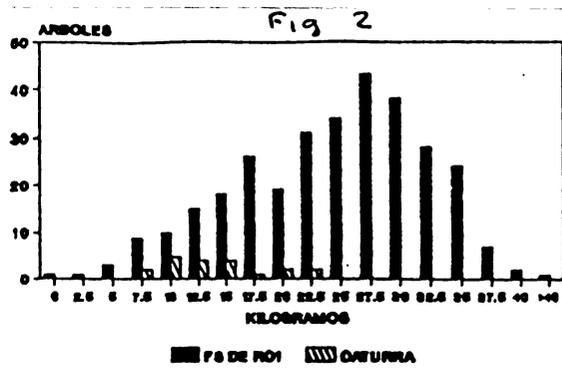
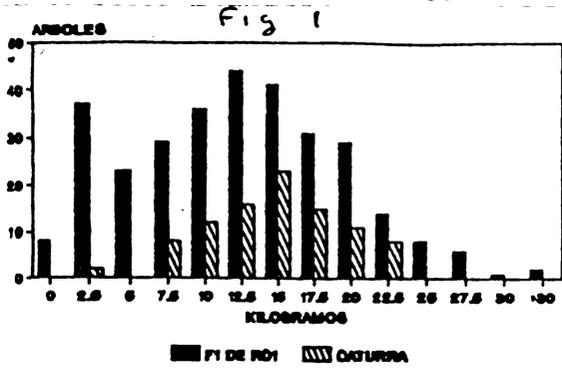
9. CHARRIER, A. and BERTHAUD, J. Botanical classification of Coffea.
In: Coffee: Botany, Biochemistry and production of beans
and beverage. CLIFFORD, M. N. and WILLSON, K. C. (eds.) AVI
(USA). pp 13-14. 1985.
10. D. LE PIERRES, F. A. Les hybrides interspecifics hexaploides C.
arabica x C canephora. ASIC 9^o Colloque, Londres, 1980. p.
563-570.
11. OROZCO C., F. J. Estudio citológico y cromatográfico de un híbrido
interespecifico en café. UN-ICA. Bogotá. (Tesis MSc) 115 p.
1974.
12. OROZCO C., F. J. y CASSALETT, D. C. La fertilidad y el diámetro de
los granos de polen en un híbrido interespecifico de café.
CENICAFE. 26(1):38-48. 1975.
13. OROZCO C., F. J. Utilización del híbrido triploide de C. arabica
por C. canephora en cruzamientos interespecificos. CENICAFE 27
(4):143-157. 1976.
14. OROZCO C., F. J. Comportamiento de introducciones de la especie
Coffea canephora en Colombia. Diez años de investigación. Me-
canografiado. 30 p. 1986.
15. VAN DER VOSSEN, H. A. M. and WALYARD, D. J. The coffee breeding
programme in Kenya. Kenya Coffee 46 (541):113-130. 1981.
16. VAN DER VOSSEN, H. A. M. and OWOUR, J. B. O. A programme of
interspecific hybridization between arabica and robusta coffee
in Kenya. Kenya Coffee 46 (541):131-137. 1981.

17. VAN DER VOSSEN, H. A.M. Coffee selection and breeding. In: Coffee: Botany, Biochemistry and production of beans and beverage. CLIFFORD, M. N. and WILLSON, K. C. (eds) AVI (USA) pp. 48-96. 1985.

18. VISHVESHWARA, S. and ANMED, J. Variability in coffee. II Studies on flower number in species. Indian coffee XXXIX:268-273. 1975.

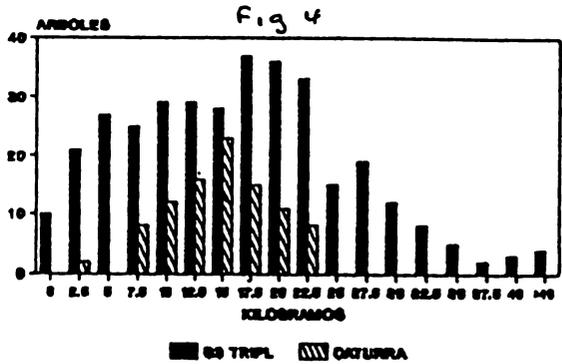
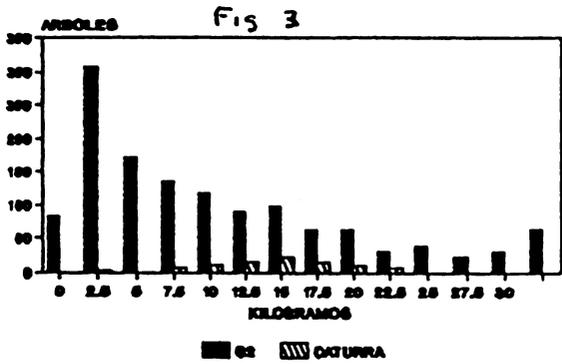
DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION EN PROGENIES F1 de RC1

DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION EN PROGENIES F3 DE RC1



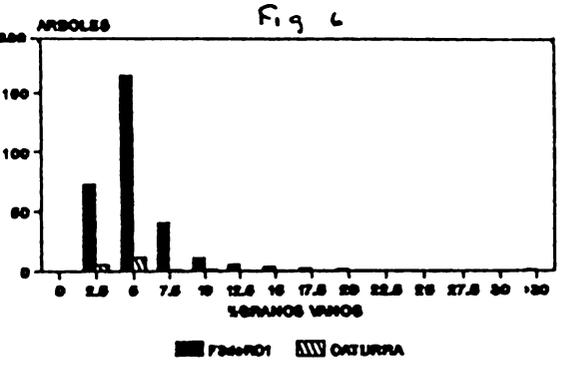
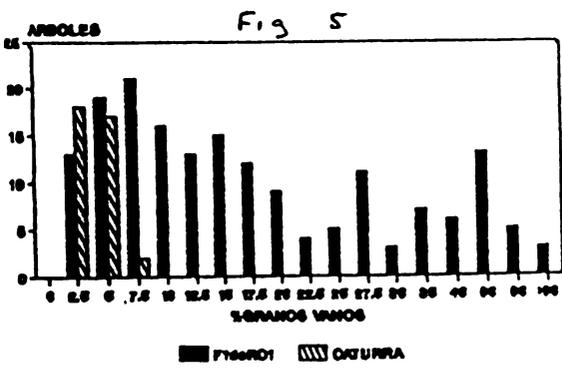
DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION EN ARBOLES G2 DE TRIPLOIDES

DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION EN PROGENIES G3 DE TRIPLOIDES



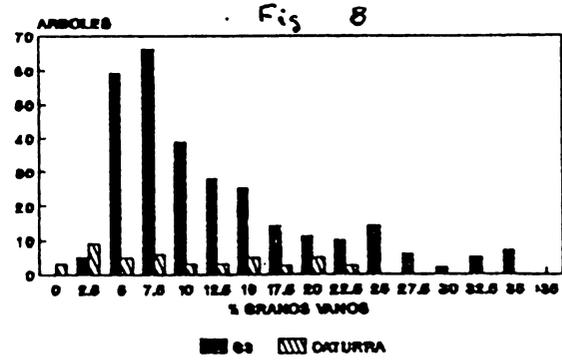
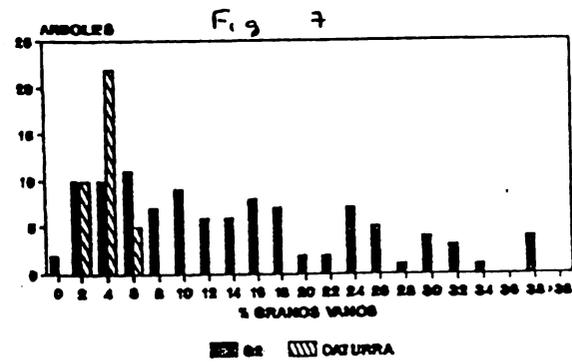
DISTRIBUCION DE GRANOS VANOS EN PROGENIES F1 de RC1 DE TRIPLOIDES

DISTRIBUCION DE GRANOS VANOS EN PROGENIES F3 de RC1 DE TRIPLOIDES

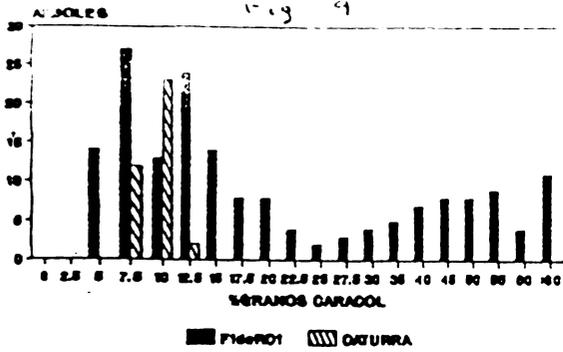


DISTRIBUCION DE GRANOS VANOS EN ARBOLES G2 DE TRIPLOIDES

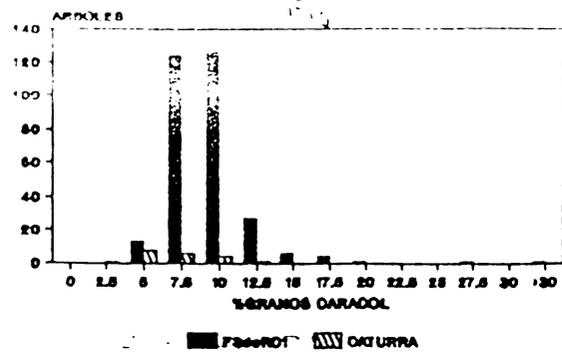
DISTRIBUCION DE GRANOS VANOS EN PROGENIES G3 DE TRIPLOIDES



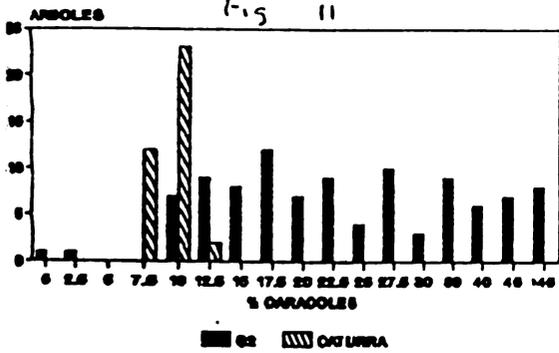
DISTRIBUCION DE GRANOS CARACOL EN PROGENIES F1deRC1 DE TRIPOIDES



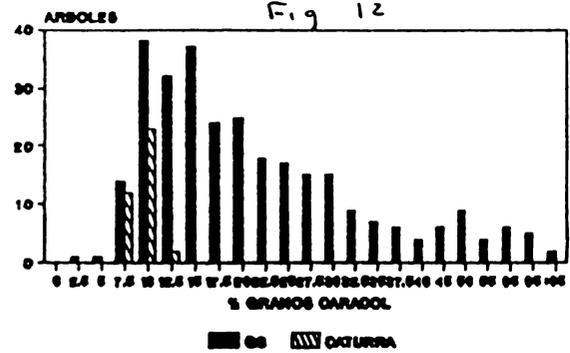
DISTRIBUCION DE GRANOS CARACOL EN PROGENIES G2 DE TRIPOIDES



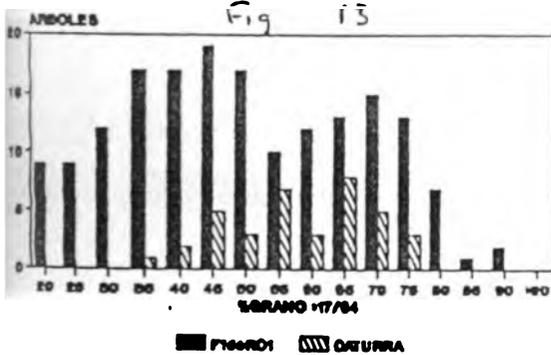
DISTRIBUCION DE GRANOS CARACOL EN PROGENIES G2 DE TRIPOIDES



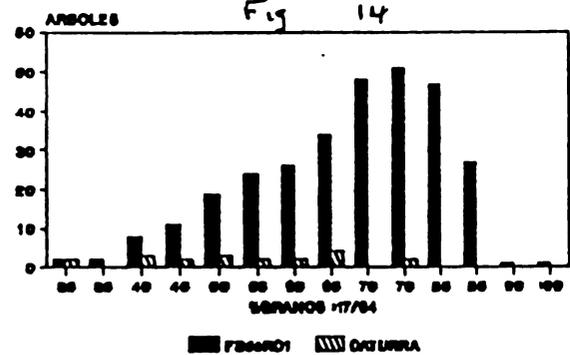
DISTRIBUCION DE GRANOS CARACOL EN PROGENIES G3 DE TRIPOIDES



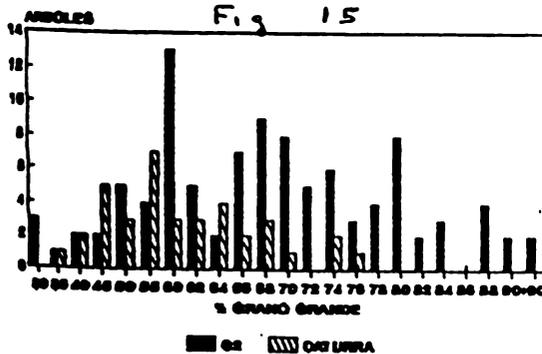
DISTRIBUCION DE GRANO GRANDE EN PROGENIES F1deRC1 DE TRIPOIDES



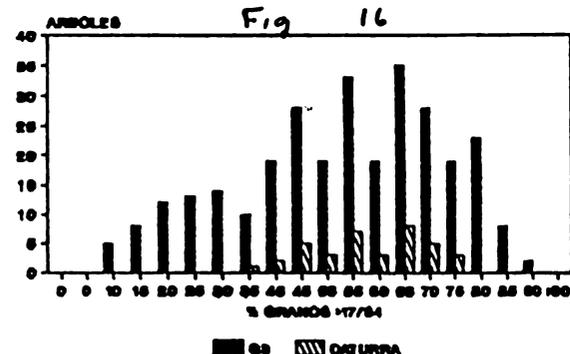
DISTRIBUCION DE GRANOS GRANDES EN PROGENIES F3deRC1 DE TRIPOIDES



DISTRIBUCION DE GRANO GRANDE EN PROGENIES G2 DE TRIPOIDES



DISTRIBUCION DE GRANO GRANDE EN PROGENIES G3 DE TRIPOIDES



IICA



MÉTODOS DE EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA ROYA DEL CAFETO
(Hemileia vastatrix Berk. & Br.)

A. B. [✓]Eskes y M. Toma-Braghini

PROGRAMA COOPERATIVO PARA LA PROTECCION Y MODERNIZACION DE LA CAFICULTURA
(PROMECAFE)
MEXICO, CENTROAMERICA, PANAMA Y EL CARIBE

MÉTODOS DE EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA ROYA DEL CAFETO

(Hemileia vastatrix Berk. & Br.)^{1/}

A. B. Eskes y M. Toma-Braghini ^{2/}

Resumen

Se proponen escalas que varían de 0 a 9 para la evaluación cuantitativa de la resistencia a la roya del café en diferentes condiciones. La escala para el tipo de reacción incluye reacciones heterogénicas que son encontradas frecuentemente en los derivados de Coffea canephora. Las escalas para intensidad de la enfermedad sirven como complemento para una rápida evaluación de la cantidad de lesiones en condiciones de campo, vivero o laboratorio. Los componentes de la resistencia parcial son discutidos, como también los factores que pueden afectar la resistencia a la roya y las ventajas de evaluar la resistencia por intermedio de inoculaciones en discos de hojas.

El uso de la resistencia genética a la roya del café constituye el método ideal para controlar esta importante enfermedad. Uno de los problemas básicos en la selección por resistencia es que pueden aparecer nuevas razas del hongo, capaces de vencer esa resistencia. Este tipo de resistencia es llamada "resistencia vertical", de acuerdo a Van der Plank (24), y a menudo su durabilidad se relaciona con la extensión del uso comercial del cultivar resistente.

En relación a la roya del café existen también problemas con la resistencia vertical. Los cinco genes de resistencia, tradicionalmente usados en Coffea arabica no han proporcionado un control eficiente al usarlos en los cultivares. Hemileia vastatrix posee considerable variabilidad en la virulencia (20). Esto se demostró en

1/ In Eskes, A. B. 1983. Incomplete resistance to coffee leaf rust (Hemileia vastatrix). Thesis (Dr.) Landbouwhogeschool te Wageningen, Netherland. pp. 4-14.

2/ Revisado y adaptado por el primer autor con el fin de incluir los últimos avances en esta área de investigación.

Brasil donde, en 10 años de presencia de la roya, pudieron detectarse 10 razas diferentes en las parcelas de selección del Instituto Agronómico de Campinas (4). Por lo tanto, la búsqueda de un tipo de resistencia más durable para el cultivo perenne de café deberá tener una alta prioridad.

Podría obtenerse una resistencia más durable aplicando estrategias de selección adecuadas para la resistencia vertical, tales como el "deployment" de genes, la resistencia piramidal o las multilíneas. (13). Sin embargo, la mayoría de estas estrategias son difíciles de implementar, especialmente para cultivos perennes.

Una alternativa podría ser la búsqueda de resistencia no específica, la cual, por definición debería ser igualmente eficiente contra todas las razas del patógeno (19,24). El concepto de este tipo de resistencia todavía es controversial y continúa siendo ampliamente discutido en la literatura mundial (13,17,25). Sin embargo, los investigadores parecen estar de acuerdo en que la resistencia parcial con herencia poligénica confiere protección más durable a los patógenos que el tipo de resistencia de hipersensibilidad monogénica (15,17,22).

Desde 1976, la FAO ha venido colaborando con el Instituto Agronómico de Campinas, Brasil, con el fin de desarrollar un programa sobre resistencia durable a la roya del cafeto. Un aspecto importante de este programa fue desarrollar una metodología adecuada para mediciones cuantitativas del nivel de resistencia, incluyendo el establecimiento de métodos rápidos de evaluación para pruebas de resistencia rutinarias.

En este artículo se presenta una serie de escalas de evaluación de resistencia de 0 a 9. La escala de 0 a 9 fue propuesta por McNeal et al (11) para investigar las royas de

los cereales y se ha adoptado ampliamente para observaciones de resistencia y epidemiológicas (26). Esta escala tiene la ventaja de que los datos son computables y puede ser útil para uniformizar registros de datos de investigación en diferentes localidades o experimentos.

TIPOS DE REACCION

LA ESCALA TRADICIONALMENTE USADA PARA TIPOS DE REACCION

El Centro de Investigación de la Roya del Cafeto -CIFC- en Oeiras, Portugal, ha adoptado un sistema de registro para tipos de reacción, el cual es similar al sistema tradicionalmente usado para las royas de los cereales (1). Este sistema incluye los siguientes tipos de reacción: i (inmune), fl (manchas, "flecks"), t (tumefacciones), ; (necrosis), o (clorosis), 1 (esporulación rara), 2 (pústulas pequeñas), 3 (pústulas medianas a grandes), 4 (pústulas grandes) y X para la reacción heterogénea. Ha servido para diferenciar más de 30 razas de roya conocidas y para escoger 24 genotipos diferenciales de café (20). A menudo, la clasificación se simplifica en cuatro tipos: R (resistente), MR (moderadamente resistente), MS (moderadamente susceptible) y S (susceptible).

Deberían tenerse en mente los siguientes comentarios sobre los tipos de reacción a la roya del cafeto:

- a) La reacción tipo 2, con pústulas de tamaño pequeño, es raramente encontrada en café (1, observaciones personales). Preferiblemente debería considerarse como un tipo de reacción intermedia entre 1 y 3. Los tipos de reacción del 1 al 4 presentarían una escala continua con aumento de la tasa de esporulación en relación con el área enferma o clorótica.

- b) Tipo de reacción "t" (tumefacción), la cual se observa frecuentemente en Rubiáceas, consiste de tejido esponjoso hinchado (18). En el café, se asocia a menudo con combinaciones incompatibles y se le ha denominado un tipo de reacción de hipersensibilidad. Los autores han observado, sin embargo, que las tumefacciones pueden también encontrarse en combinaciones compatibles. Estudios recientes en Portugal confirman que la reacción "t" no es una reacción de resistencia específica. Puede ser inducida por tratamiento de calor en combinaciones (C. J. Rodrigues Jr., comunicaciones personales) y por el lavado de uredosporas de una raza compatible (21).
- c) Cualquiera que sea el tipo de reacción, la necrosis se observa muy raramente en lesiones jóvenes, pero podría ocurrir cuando las lesiones comienzan a envejecer. Tanto el ambiente como los factores genéticos podrían inducir una necrosis temprana. Por lo tanto, la necrosis no parece ser un criterio totalmente adecuado para determinar los tipos de reacción de la roya del cafeto.
- d) Como necrosis y tumefacciones son menos apropiadas para indicar resistencia, el criterio básico para el tipo de reacción de lesiones individuales debería ser el tamaño del área decolorada (manchas o "flecks", o, o+) y la intensidad de la esporulación en proporción a la extensión del área clorótica (1 a 4 tipos de reacción).
- e) En derivados de C. canephora, una mezcla de tipos de reacción susceptibles y resistentes se encuentra a menudo en la misma hoja. Esto ocurre generalmente en plantas con nivel intermedio de resistencia. Los resultados indican que esta reacción podría no ser un resultado de variación del hongo, sino más bien una respuesta de resistencia incompleta que puede ser afectada por la intensidad de la luz y la edad de la hoja (4,5,6). Consecuentemente, para la descripción de la resistencia

de un determinado genotipo de café será necesario incluir tipos de reacción heterogénea en la escala de evaluación.

- f) En el CIFC, generalmente se hacen solamente inoculaciones en hojas jóvenes y tiernas, ya que es mucho más difícil producir la enfermedad en hojas viejas (1). El trabajo en Campinas demostró que algunos tipos de resistencia se expresan mejor en las hojas jóvenes que en las adultas, ya que las hojas viejas son más susceptibles (5,6). Para una apreciación completa de la resistencia de una planta sería necesario observar el tipo de reacción en hojas de diferentes edades.

UNA ESCALA DE 0 A 9 PARA TIPO DE REACCION

Se propone la adopción de una escala de 0 a 9 para tipo de reacción, siguiendo los esfuerzos internacionales para uniformizar los reportes de datos de investigación (11). La escala propuesta refleja las observaciones mencionadas sobre los tipos de reacción. La escala está hecha para usarla en determinaciones de resistencia de hojas individuales o plantas enteras e incluye un amplio rango para tipos de resistencia heterogéneos, en vista de la frecuencia en que ocurren estos tipos especialmente en híbridos interespecíficos. Una descripción de la escala propuesta de 0 a 9 se da en el siguiente cuadro:

dice de lores	Clasificación del CIFC para lesiones individuales	Descripción de los tipos de reacción para hojas o plantas enteras
0	i	Inmunidad, sin reacciones visibles
1	fl-,t-	Manchas cloróticas diminutas, a menudo asociadas con pequeñas tumefacciones. Algunas veces solamente visibles con lupa o al sostener la hoja contra la luz.
2	fl, t, o	Grandes manchas cloróticas, a menudo asociadas con tumefacciones. No hay producción de uredosporas.
3	fl, t, o, o+	Una mezcla de manchas cloróticas de varios tamaños, incluyendo grandes áreas cloróticas. Menos tumefacciones. No hay producción de uredosporas.
4	fl, t, o, 1	Una mezcla de manchas cloróticas de diversos tamaños, con una formación de uredosporas sobre grandes lesiones cloróticas. Esporulación de menos del 25 por ciento de las lesiones. Pueden ocurrir pocas tumefacciones. A veces se observa necrosis temprana en las lesiones.
5	fl, t, o-2	Como en el 4, pero con más formación de uredosporas. Esporulación de menos del 50 por ciento de las lesiones.
6	fl, t, o-3	Como en el 5, pero con aumento en la producción de uredosporas. Esporulación de menos del 75 por ciento de las lesiones.
7	fl, t, o-4	Como en el 6, pero con más abundante producción de uredosporas. Esporulación de hasta 95 por ciento de las lesiones.
8	t, 2-4	Una mezcla de lesiones con un grado de esporulación variado, algunas veces asociado con unas pocas tumefacciones.
9	4	Solamente lesiones con abundante esporulación, sin clorosis marcada en el borde de la lesión.

Los tipos de reacción del 4 al 7 indican tipos intermedios en los cuales la intensidad del aumento de esporulación por lesión está generalmente asociado con un aumento en la proporción de lesiones esporuladas.

Cuando no se necesita computar los datos, las notas pueden simplificarse usando los símbolos AR, R, MR, MS y S para indicar los siguientes tipos de reacción:

Altamente Resistente	(AR)	=	0 y 1
Resistente	(R)	=	2 y 3
Moderadamente Resistente	(MR)	=	4 y 5
Moderadamente Susceptible	(MS)	=	6 y 7
Susceptible	(S)	=	8 y 9

EVALUACION DE RESISTENCIA

DETERMINACION DE LOS COMPONENTES DE LA RESISTENCIA PARCIAL

Todos los componentes de la resistencia parcial se comportan acumulativamente para disminuir la capacidad reproductora del patógeno. Los componentes individuales, sin embargo, pueden tener diferentes efectos sobre el desarrollo epidemiológico de la enfermedad en el campo (15,16,26). El análisis de los componentes es por lo tanto útil para determinar el criterio de selección más eficiente para el trabajo práctico de mejoramiento (14,26). También es importante para lograr un mejor entendimiento de los mecanismos de resistencia fundamentales. En experimentos de inoculación con roya del cafeto, se ha encontrado una variación significativa de todos los componentes de la resistencia parcial, por ejemplo: frecuencia de infección, período de latencia, intensidad de esporulación y período de esporulación.

Frecuencia de infección es el número de lesiones obtenido por unidad del área foliar. Se podría usar un

método de inoculación uniforme para determinar las diferencias genéticas de la frecuencia de infección. El método de inoculación del CIFC, por el cual se aplican uredosporas secas primero y se humedece la hoja después (1) no es adecuado para medir las diferencias en la frecuencia de infección, ya que la cantidad de esporas aplicadas no se controla. Es preferible un método de inoculación cuantitativo, usando suspensiones de esporas en agua.

Periodo de latencia se define aquí como el número de días desde la inoculación hasta el 50 por ciento de las lesiones esporuladas. Si no todas las lesiones llegan a esporular, el período de latencia debería calcularse en relación al número final de lesiones esporuladas y no en relación con el número total de sitios de infección visibles.

Intensidad de esporulación es el número de esporas producidas por la unidad de infección o por la unidad de área de la hoja.

Período de esporulación es el intervalo de tiempo desde el término del período de latencia hasta el final de la esporulación (necrosis de lesiones o caída de la hoja).

USO DE ESCALAS DE EVALUACION DE LA INTENSIDAD DE LA ROYA

Observaciones sobre los componentes individuales de la resistencia parcial consumen tiempo y no son prácticas para las evaluaciones de resistencia de rutina. Por lo tanto, en complemento a la escala para tipo de reacciones, se proponen escalas que permiten determinaciones rápidas de la intensidad de la roya en diferentes ambientes. Esas escalas estiman el número de lesiones visibles (esporulantes o no esporulantes) por unidad de área foliar o la proporción de la hoja infectada y expresan la acción combinada de los

diversos componentes de resistencia en experimentos con varios ciclos de infección natural, como en campo o en vivero. En experimentos con inoculaciones artificiales las escalas para intensidad de enfermedad expresan la frecuencia de infección en tanto que la intensidad de esporulación puede ser evaluada con la escala para tipo de reacción. Generalmente, el periodo de latencia está bien correlacionado con el tipo de reacción, cuanto más bajo el tipo de reacción más tiempo se tarda para el inicio de la esporulación. Consecuentemente, el efecto de los diversos componentes de resistencia puede ser evaluado con el uso simultáneo de la escala para el tipo de reacción y una de las escalas para la intensidad de la enfermedad.

OBSERVACIONES DE CAMPO

Parámetros epidemiológicos. La intensidad de la roya del café se ha estimado generalmente por medio de los siguientes parámetros:

- 1 = número de lesiones por hoja
- 2 = porcentaje de hojas enfermas
- 3 = número de lesiones por hoja enferma

Estos parámetros están bien correlacionados entre ellos. Observaciones de 100 plantas de *C. arabica* cv. Catuaí mostraron los siguientes coeficientes de correlación (valores de r), todos significativos a $P = 0.01$.

		parámetro 2	parámetro 3
log 10	(parámetro 1)	.88	.83
	parámetro 2		.56

Estos datos indican que el número de lesiones por hoja es el parámetro más confiable para medir la intensidad de la enfermedad en el campo (ver también Fig. 1).

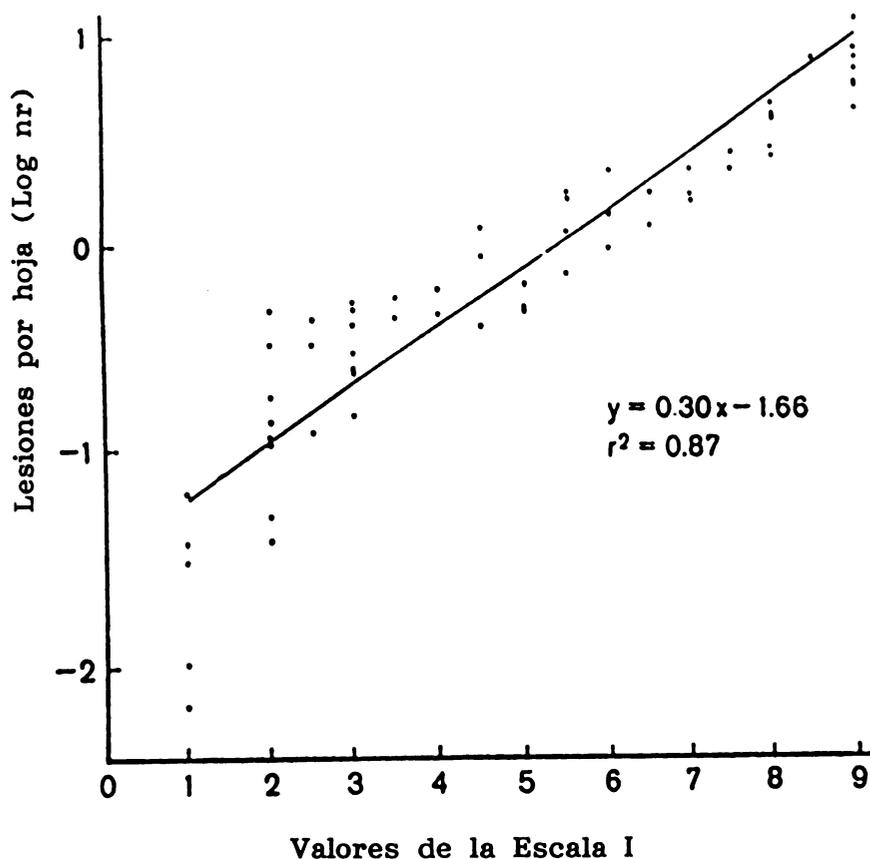


Figura 1. Correlación del logaritmo de la intensidad de la enfermedad (No. de lesiones por hoja) con los valores de evaluación de la enfermedad de la Escala I.

Escalas de evaluación I y II. Para determinaciones rápidas de la roya en grandes poblaciones de cafeto en el campo, se han diseñado dos tipos de escala. La Escala I (Fig. 2) está basada en todo el árbol como unidad de lectura, mientras que en la Escala II se ha tomado una rama como unidad de lectura (Fig. 3). Ambas escalas han sido diseñadas para dar resultados comparables. La Escala I es especialmente adecuada para las condiciones de crecimiento en el Brasil, en la cual la epidemia se incrementa desde la parte baja del árbol.

Cada punto en la escala del 0 al 9 indica diferencias iguales en resistencia. La relación entre los puntos de la escala y la intensidad de la enfermedad deber seguir la

curva "logit" ($\ln(x/1-x)$) (3,26). Esta curva corresponde a la curva exponencial para valores bajos de x . Como el mejorador está más interesado en esta parte de la curva epidemiológica, el número de puntos para cada valor de la escala sigue una curva exponencial 2^n . Para el valor 9 de la escala, se colocaron solamente 192 puntos, en vez de 256, ya que normalmente está asociado a una caída masiva de hojas, limitando el aumento exponencial del número de lesiones por hoja.

La observación puede hacerse ya sea en un lado del árbol o por medio de dos lecturas simultáneas en ambos lados. En Brasil, el lado sudeste del árbol normalmente muestra un grado más alto de ataque que el lado noroeste, probablemente debido a diferencias microclimáticas.

Descripción de la Escala I. La unidad de observación de esta escala de campo es el árbol entero. Cada punto de la escala representa el número de ramas enfermas observadas a primera vista (Figura 2). Observaciones más detalladas se llevan a cabo solamente para confirmar las lecturas del 0 y 1.

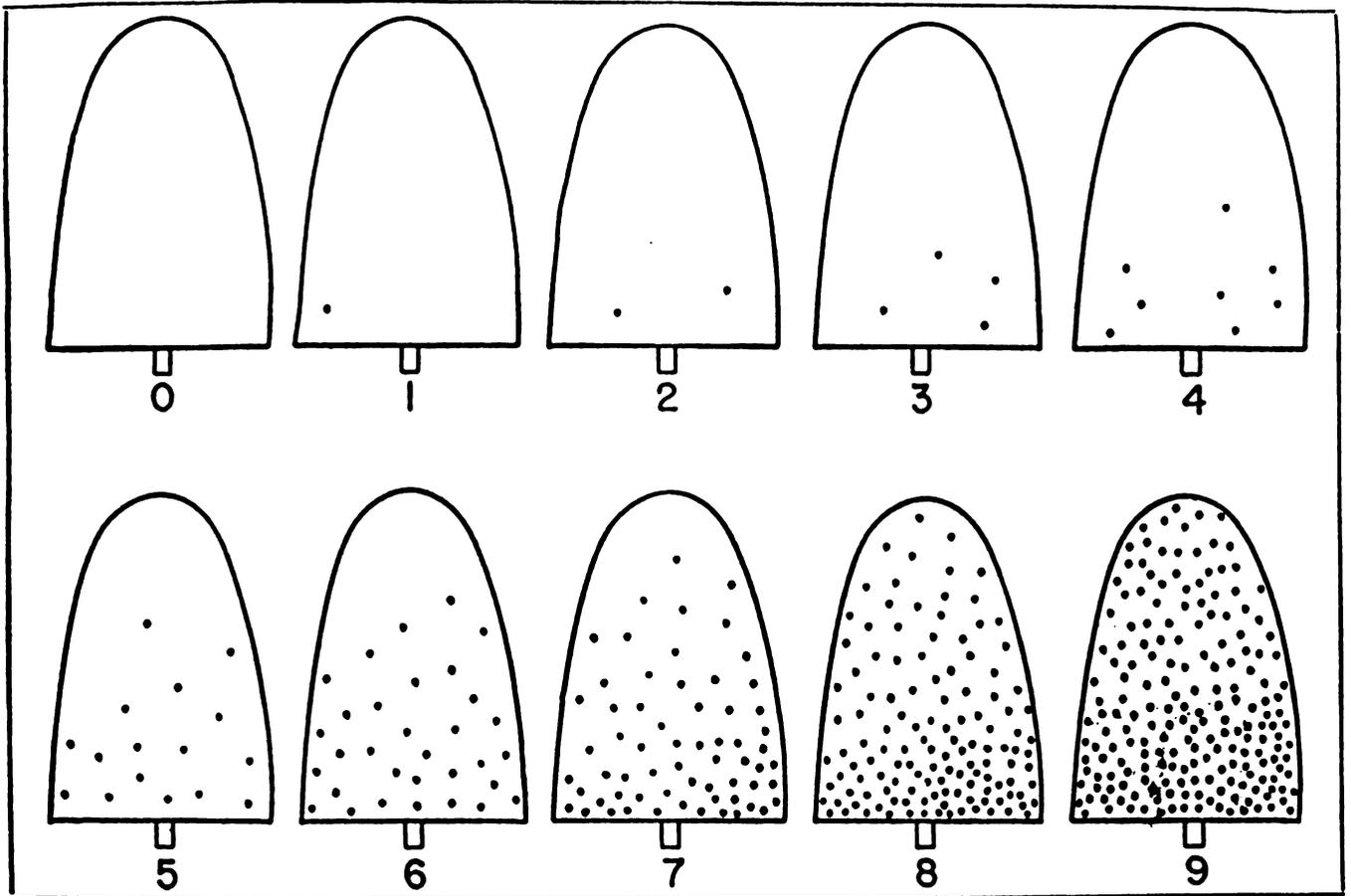


Figura 2. Escala I: intensidad de la roya del cafeto en el campo.

VALOR DE LA ESCALA	DESCRIPCION
0	Ausencia de lesiones esporulando.
1	Presencia de una rama con esporulación a primera vista en cualquier lado del árbol. Al observar más detalladamente, se encontrará normalmente más de una rama afectada.
2 a 8	Representan un aumento gradual en el número de ramas enfermas a primera vista. El valor 7 corresponde a un ataque promedio de los cultivares de café susceptibles en Brasil durante el período de cosecha.
9	Indican el máximo de incidencia de la enfermedad, correspondiendo al nivel de enfermedad del tipo Harar en Brasil, en la época de la cosecha. Normalmente, los cultivares susceptibles pueden botar las hojas antes de alcanzar este nivel. Por lo tanto, un valor 8 asociado con caída intensiva de las hojas debería considerarse como un 9.

Descripción de la Escala II. La unidad de observación es la intensidad de la enfermedad en ramas (Fig. 3). Las lecturas no deben involucrar observaciones muy detalladas. Cada punto representa una lesión esporulante. Los puntos más grandes representan una coalescencia de dos lesiones. Como en el campo las hojas más viejas están generalmente más infectadas, se han colocado más puntos en estas en el diagrama.

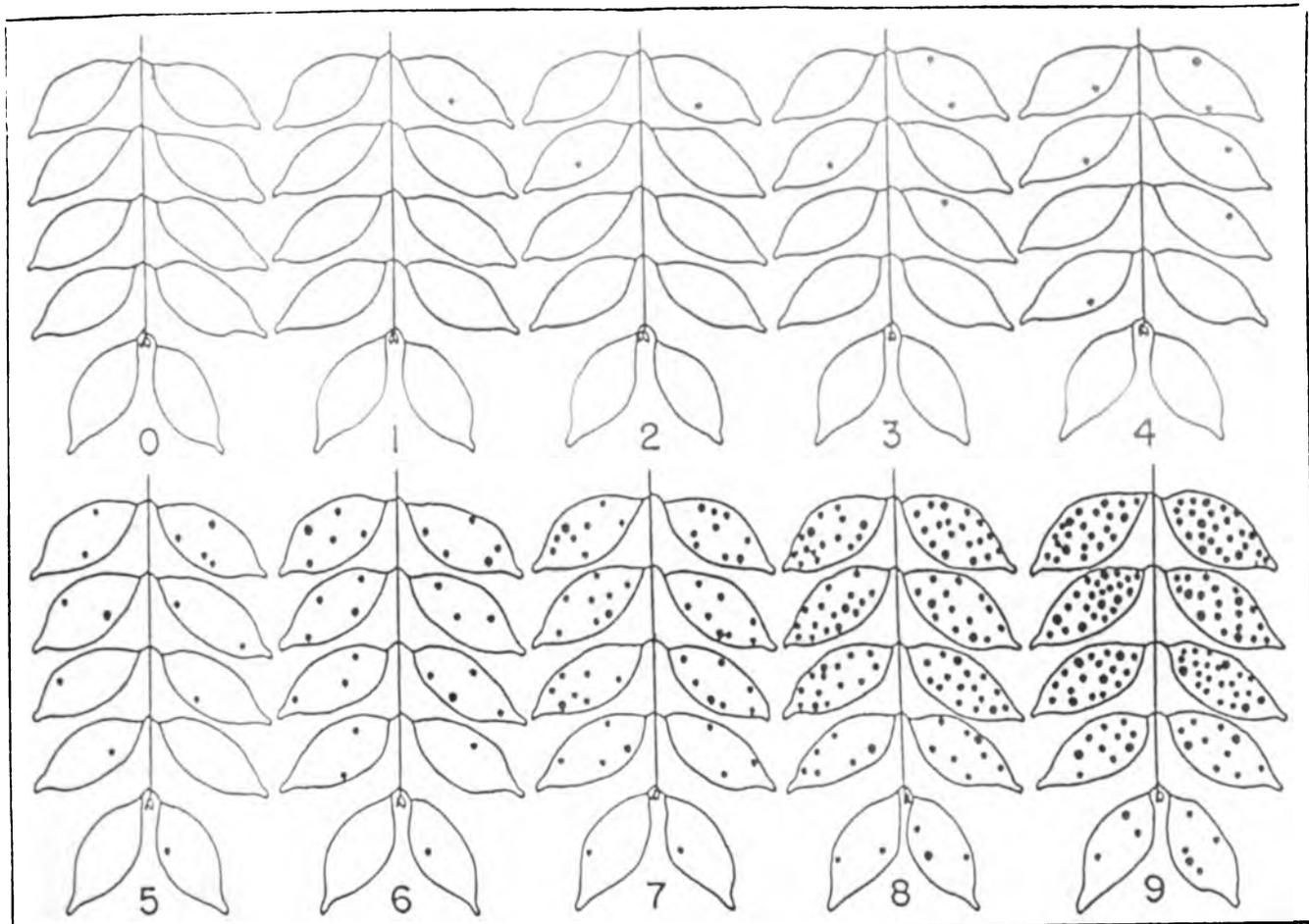


Figura 3. Escala II: intensidad de la roya del café en el campo o en el vivero.

El número de lesiones por rama para esa escala varía de 0 a 192 y el porcentaje de área foliar que las mismas ocupan de 0 a cerca 12%. A continuación se anota la descripción de los valores de esa escala:

VALOR EN ESCALA	DESCRIPCIÓN
0	Ausencia de lesiones esporádicas. Deben removerse las ramas más bajas del árbol para confirmar la observación
1	Número promedio de lesiones por rama afectada es alrededor de 1.
2 - 8	Aumento del número de lesiones por rama afectada. El valor 7 se encuentra comúnmente en los cultivares susceptibles en el Brasil, en la época de la cosecha.
9	Este valor indica la intensidad máxima de la enfermedad, que ocurre frecuentemente en el café tipo Harar en Brasil, en la época de la cosecha. Un valor 8 asociado con caída intensiva de las hojas debe clasificarse como un 9.

Resultados experimentales. Las escalas I y II se probaron durante el mes de junio de 1981 en 75 plantas de café con grado variable de intensidad de la enfermedad. Las lecturas fueron hechas por dos observadores entrenados. Los puntajes promedios de dos observadores, usando la Escala I, se graficó contra el logaritmo del número de lesiones por hoja (Fig. 1).

Para los dos observadores, los valores de r^2 fueron 0.86 y 0.85. El grado de concordancia de los dos observadores fue alto, con puntajes iguales obtenidos en el 67 por ciento de las observaciones, un punto de diferencia en el 30 por ciento y dos puntos de diferencia solo en el 3 por ciento de las observaciones.

Las lecturas con la Escala II fueron similares a las obtenidas con la Escala I, con los siguientes parámetros de

regresión: $y = 0.31x - 1.69$ y $r^2 = 0.88$, donde "x" es el puntaje de la Escala II y "y" el logaritmo del número de lesiones por hoja. El grado de concordancia entre los dos observadores fue también alto. En 64 por ciento de las observaciones el puntaje fue igual, en 34 por ciento hubo diferencia de un punto y solo en 2 por ciento se obtuvo diferencia de dos puntos.

La Escala I se recomienda para las condiciones que imperan en Brasil. Con ella se pierde menos tiempo que con la Escala II. La rapidez de las observaciones para esta última es de alrededor de 200 lecturas por hora, en el caso de un observador experimentado.

ESCALA DE EVALUACION PARA INVERNADERO O VIVERO

Observaciones en invernadero y vivero se hacen generalmente en plantas de un año de edad. La intensidad de infección puede determinarse con la Escala II, si el diagrama se sostiene al revés. Para evaluación de la intensidad de infección en hojas individuales se ha diseñado la Escala III (Figura 4). Esa escala incluye una desviación de la relación exponencial 2^n para corregir las lesiones traslapadas. La corrección se hizo aplicando la siguiente fórmula (9,10):

$$r = (1 - s/m)^n$$

donde r = área no afectada, s = superficie de una lesión, m = superficie de una hoja y n = número de lesiones por hoja.

Además, el área de la hoja vulnerable a la infección se considera que solamente es el 90 por ciento del área total. No se desarrollan lesiones en las venas y pocas en la punta y en el borde de la hoja. Tomando en cuenta estas suposiciones, el siguiente número de lesiones y el porcentaje del área enferma se ha calculado para cada valor de la escala:

VALOR DE LA ESCALA	Nº DE LESIONES	PORCENTAJE DE AREA ENFERMA
0	0	0
1	1	0.6
2	2	1.3
3	4	2.5
4	8	5.2
5	15	9.7
6	29	18.5
7	52	33.1
8	84	54.1
9	118	75.6

La Escala III es de utilidad cuando se evalúe una gran cantidad de plantas. Cuando se vayan a llevar a cabo unas pocas observaciones, se tendrá más exactitud contando el número de lesiones por hoja.

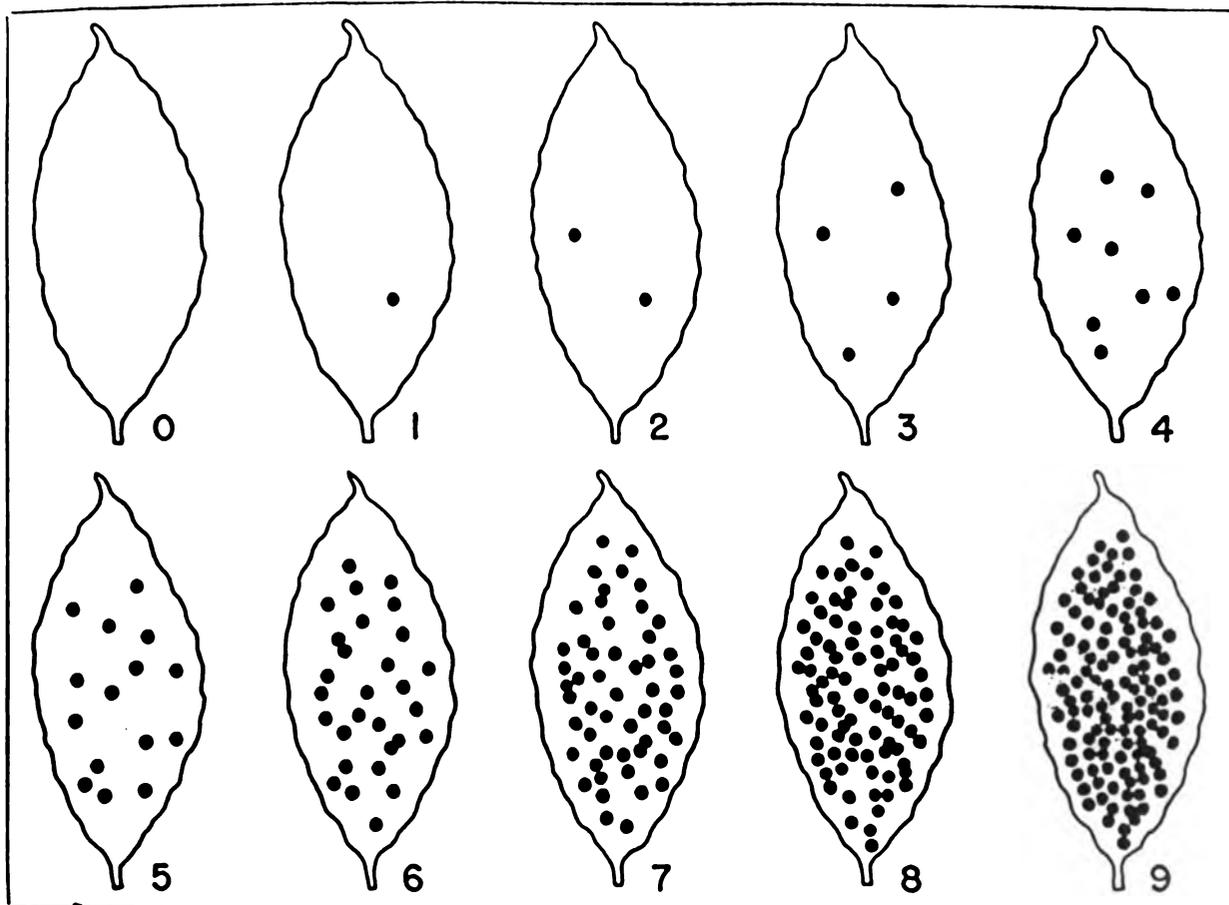


Figura 4. Escala III: intensidad de la roya del cafeto en hojas individuales.

Además de la evaluación de la frecuencia de infección, podría ser de interés observar la retención de la hoja después de la inoculación. Este parámetro puede ser importante para determinar la susceptibilidad en el campo de algunos tipos de café *C. arabica* (8). Podría proponerse una escala arbitraria de 0 a 9, dándole un valor de 5 al cultivar de café comercial. Los valores más altos indicarían una retención de la hoja más grande, los valores más bajos, una retención menor de las hojas. Tanto los valores altos como los bajos podrían no ser deseables. Los valores altos aumentarán la cantidad de inóculo, mientras que los valores bajos podrían estar correlacionados con baja capacidad de producción.

PRUEBAS DE INOCULACION EN EL LABORATORIO

Inoculaciones de discos de hoja. Las inoculaciones de discos de hoja han sido usados en el pasado para detección de razas nuevas y de resistencia vertical (1,12). Recientemente, este método ha sido probado extensamente en el Instituto Agronómico de Campinas (2,3,6,7).

El método de inoculación consiste en aplicar una gota de 0.025 ml de una suspensión uniforme de uredosporas al centro del disco de la hoja de café de ± 1.7 cm de diámetro. Los discos inoculados son incubados en la oscuridad por 24 horas y después se permite que las gotas se sequen. Los discos se mantienen entonces a una humedad de cerca de 100 por ciento, a una temperatura de $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y a una moderada intensidad de luz. El método ha proporcionado resultados confiables para diferentes trabajos, por ejemplo determinación de resistencia vertical y diferenciación de razas, determinación de resistencia parcial de plantas en el campo, determinación de resistencia parcial de progenies de café en el vivero, determinación de efectos de ambiente sobre la expresión de la resistencia y determinación del efecto de la edad de la hoja sobre la expresión de resistencia.

Las ventajas del método de inoculación de discos de hoja comparadas con las inoculaciones de plantas intactas son las siguientes: se necesita poco inóculo y espacio, las condiciones de inoculación son controladas permitiendo comparaciones entre localidades y diferentes datos de inoculación, plantas seleccionadas en localidades distantes pueden ser probadas en un laboratorio central, las interacciones patógeno/hospedero pueden estudiarse con precisión inoculando discos de las mismas hojas con cada raza y un gran número de combinaciones patógeno/hospedero pueden estudiarse en cada experimento.

Evaluación para la severidad de la enfermedad en discos de hojas. La unidad de observación es un grupo de 10 discos de hoja. La Escala IV (Fig. 5) ha sido diseñada para medir la severidad de la enfermedad, usando los mismos principios matemáticos aplicados en la Escala III. El tamaño de un disco de hoja es cerca de 2.5 cm², con el área de la gota de inoculación de 0.8 cm² (1 cm de diámetro). Cada punto en el diseño de la escala representa una área enferma de alrededor de 3.5 mm². Las observaciones pueden ser hechas una vez o repetidamente durante el desarrollo de las lesiones. Las lecturas podrían incluir el área total del tejido enfermo o el área total esporulante.

Lecturas con la Escala IV han dado altas correlaciones con otros parámetros que estiman la severidad de la enfermedad. El coeficiente de correlación con el número de lesiones por disco fue de 0.86 y con el porcentaje de discos enfermos fue de 0.84.

El grado de concordancia entre dos observadores entrenados fue bueno. No se obtuvo diferencias en las lecturas en el 68 por ciento de las observaciones, un punto de diferencia para el 30 por ciento y dos puntos de diferencia para el 2 por ciento de las observaciones.

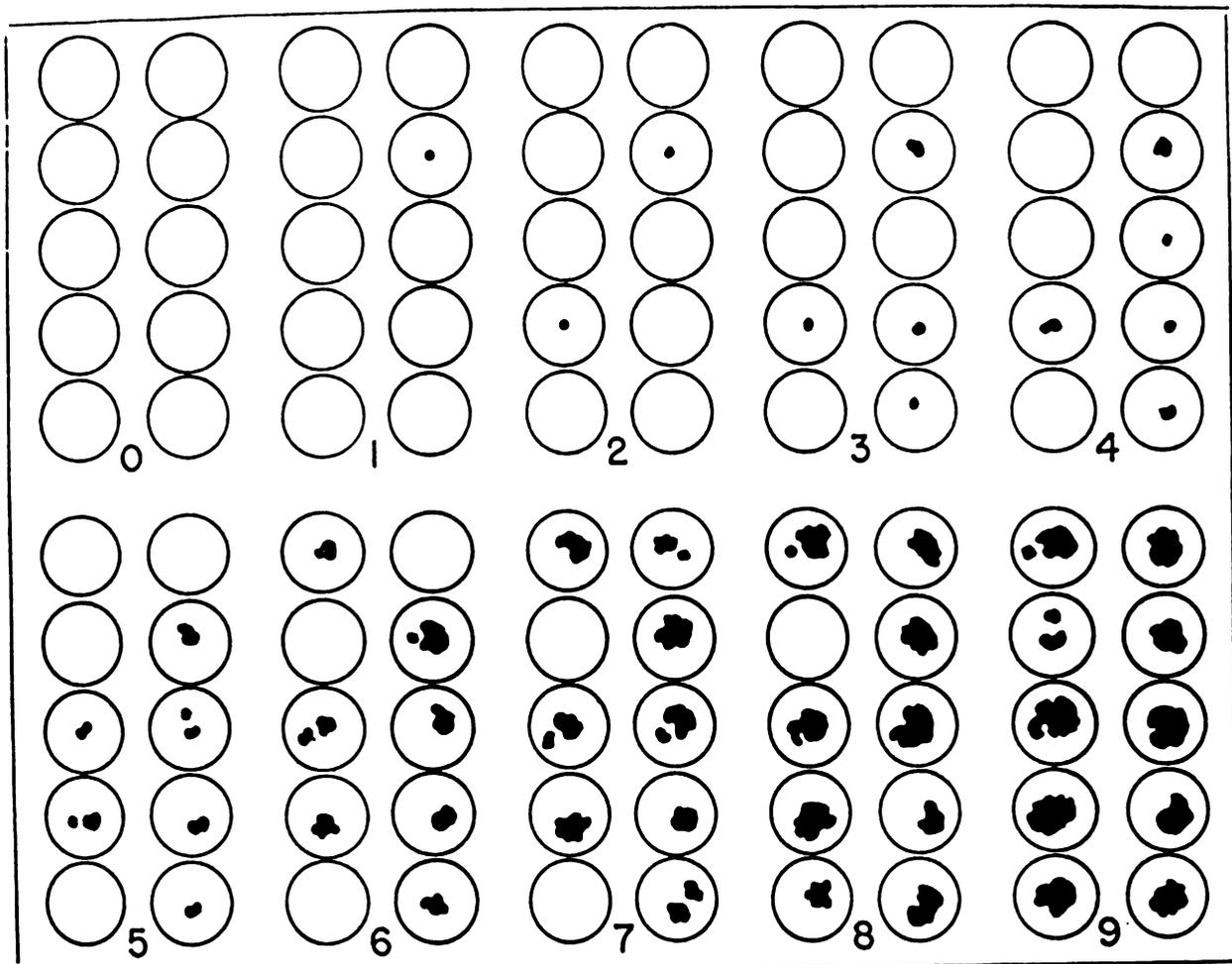


Figura 5: Escala IV: severidad de la roya del cafeto en discos de hoja.

FACTORES QUE AFECTAN EL NIVEL DE RESISTENCIA

La resistencia parcial a la roya del cafeto, puede ser afectada por el ambiente así como por factores fisiológicos de la planta. Factores importantes son la productividad de la planta, la edad de la hoja y la intensidad de la luz (2,3,5,6,7,8). Estos factores producen diferencias estacionales en el nivel de resistencia y pueden afectar la eficiencia de selección para la resistencia a la roya del cafeto. La intensidad de la roya en el campo es la prueba final para la resistencia parcial. Tomando en cuenta el hábito de reproducción bianual del cafeto, las observaciones deberían repetirse durante varios años. Las plantas mostrarán mayor ataque en años de alta producción.

En la C. canephora cv. Kouillou y en derivados de C. canephora x C. arabica se encontró un marcado efecto de la edad de la hoja sobre la resistencia (4,6). Generalmente, las hojas viejas se vuelven más susceptibles a la roya. Inoculaciones solamente en hojas jóvenes pudieran no ser suficientes para indicar el nivel de resistencia de las plantas.

Observaciones sobre la infección natural en el vivero son valiosas para determinar la resistencia de poblaciones de café. Sin embargo, las plantas deberían colocarse bajo niveles de sombra moderada. La luz solar plena podría aumentar la susceptibilidad a la roya, pero podría también matar las lesiones jóvenes al recalentar la hoja (5).

El efecto del ambiente sobre la intensidad de la roya es considerable en los experimentos de inoculación en el invernadero. El coeficiente de variación de una población genéticamente homogénea de plantas de C. arabica puede alcanzar el 100 por ciento. Esta variación puede reducirse predisponiendo las plantas a similares condiciones de luz y utilizando solo plantas de una misma altura.

CONCLUSIONES GENERALES

Se considera que la escala para el tipo de reacción es la más importante para evaluar la resistencia parcial a la roya. La misma, generalmente, considera los diversos componentes de resistencia. Sin embargo, para evaluar la intensidad de la roya es necesario hacer observaciones complementarias. Las escalas I a IV sirven para efectuar observaciones en diferentes ambientes o con diferentes tipos de inoculaciones. Siempre es importante considerar los factores ambientales y la fisiología de la planta que pueden afectar el nivel de la resistencia, con el fin de obtener datos más confiables

REFERENCIAS

1. D'OLIVEIRA, B. 1954-57. As ferrugens do cafeeiro. Centro de Investigaçao das Ferrugens do Cafeeiro, Oeiras, Portugal. Revista do Café Português, Separata n. 3. 61 p.
2. ESKES, A.B. 1977. Uso de discos de folhas para avaliar a resistencia do cafeeiro a Hemileia vastatrix: efeito da luminosidade e concentraçao de inóculo. (Use of leaf discs to determine resistance of coffee to Hemileia vastatrix; effect of light intensity and inoculum concentration.) Proceedings V Brazilian Coffee Research Congress, Guarapari, ES, Brazil, October 1977, p. 85-86.
3. ESKES, A.B. 1978. Avaliaçao de uso de discos de folhas para medir o nível de resistencia do cafeeiro a Hemileia vastatrix. Proceedings VI Brazilian Coffee Research Congress, Riberao Preto, SP, Brazil, October 1978, p. 114-115.
4. ESKES, A.B. 1981. Partial resistance of coffee to Hemileia vastatrix. Proceedings International Conference on Tropical Crop Protection, Lyon, France, July 1981, p.57.
5. ESKES, A.B., KROON, C. & VAN DE WEG, W.E. 1980. Efeito da luminosidade sobre o nível de resistencia a H.vastatrix. (Effect of light intensity on the resistance to H. vastatrix). Proceedings VIII Brazilian Coffee Research Congress, Campos do Jordao, SP, Brazil, November 1980, p 83-86.
6. ESKES, A.B., RIVERA, F.A. & DA COSTA, W.M. 1978. Efeito da idade da folha e luminosidade no campo sobre a resistencia do cafeeiro a H. vastatrix medido em discos de folhas. (Effect of leaf age and light intensity in the field on the level of resistance to H.vastatrix, measured in leaf discs.) Proceedings XXX Annual Meeting of the Brazilian Society for the Progress of Science, Sao Paulo, Brazil, July 1978, p. 12.
7. ESKES, A.B. & TOMA-BRAGHINI, M. 1979. Uso de discos de folha do cafeeiro para estimar o nível de resistencia a Hemileia vastatrix. (Use of coffee leaf discs to estimate the level of resistance to Hemileia vastatrix.) Proceedings VII Brazilian Coffee Research Congress, Araxá, MG, Brazil, December 1979, p. 128-129.

8. ESKES, A.B., TOMA-BRAGHINI, M., KROON, K. & HOOG-STRATEN, J. 1979. Parametros para medir o grau de suscetibilidade a Hemileia vastatrix em cultivares e populações de Coffea arabica. (Parameters to measure level of susceptibility to Hemileia vastatrix in C. arabica cultivars and populations.) Proceedings VII Brazilian Coffee Research Congress, Araxá, MG, Brazil, December 1979, p. 70-71.
9. GARWOOD, F. 1947. The variance of overlap of geometrical figures with reference to a bombing problem. *Biometrika*, 34:1-18.
10. JUSTESEN, S.H. & TAMMES, P.M.L. 1960. Studies on yield losses. I. The self limiting effect of injurious or competitive organisms on crop yield. *T. Pl. Ziekten*, 66:281-87.
11. MACNEAL, F.H., KONZAK, C.F., SMITH, E.P., TATE, W.S. & RUSSELL, T.S. 1971. A uniform system for recording and processing cereal research data. Washington, D.C., USDA, Agricultural Research Service. Document ARS/M71/34-121, 42 p.
12. NARASIMHASWAMY, R.L., NARAYANAN NAMBIAR, K.K. & SREENIVASAN, M.S. 1961. Report on work of testing races of leaf disease fungus on coffee selection at Coffee Research Station, Balehonnur. *Indian Coffee*, 25(11):333-336.
13. NELSON, R.R., ed. 1973. Breeding plants for disease resistance - concepts and applications. Pennsylvania State University Press. 401 p.
14. PARLEVLIET, J.E. 1976. Screening for partial resistance in barley to Puccinia hordei Otth. Proceedings 4th European and Mediterranean Cereal Rusts Conference, Interlaken, Switzerland, 1976, p. 153-155.
15. PARLEVLIET, J.E. 1979. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Annual Rev. Phytopathology*, 17:203-222.
16. PARLEVLIET, J.E., LINDHOUT, W.H., VAN OMMEREN, A. & KUIPER, H.J. 1980. Level of partial resistance to leaf rust, Puccinia hordei, and how to select for it. *Euphytica*, 29:1-8.
17. PARLEVLIET, J.E. & ZADOKS, J.C. 1977. The integrated concept of diseases resistance, a new view including horizontal and vertical resistance in plants. *Euphytica*, 26:5-21.
18. RIJO, L. 1972. Histopathology of the hypersensitive reaction T (tumefaction) induced on Coffea spp. by Hemileia vastatrix.

19. ROBINSON, R.A. 1976. Plant pathosystems. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag. 184 p.
20. RODRIGUES, Jr., C.J., BETTENCOURT, A.J. & RIJO, L. 1975. Races of pathogen and resistance to coffee rust. Annual Rev. Phytopathology, 13:49-70.
21. RODRIGUES, Jr., C.J., RIJO, L. & MEDEIROS, E. 1981. Induction of flecks and tumefactions on coffee leaves by washouts of coffee rust uredospores. Proceedings International Conference on Tropical Crop Protection, Lyon, France, July 1981, p. 58.
22. SIMONS, M.D. 1972. Polygenic resistance to plant diseases and its use in breeding resistant cultivars. J. env. Qual., 1:232-239.
23. VAN DER PLANK, J.E. 1963. Plant diseases: epidemics and control. New York, London, Academic Press. 349 p.
24. VAN DER PLANK, J.E. 1968. Disease resistance in plants. New York, London, Academic Press. 206 p.
25. VAN DER PLANK, J.E. 1978. Genetic and molecular basis of plant pathogenesis. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag. 167 p.
26. ZADOKS, J.C. & SCHEIN, R.D. 1979. Epidemiology and plant disease management. New York, Oxford University Press. 429 p.

RESISTENCIA INCOMPLETA A LA ROYA (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) EN LA POBLACION ICATU Y EN DERIVADOS DEL HIBRIDO DE TIMOR. CONSECUENCIAS PARA EL FITOMEJORADOR

Resultados recientes de investigaciones realizadas en el Instituto Agronómico de Campinas (IAC), SP, Brasil

Albertus B. Eskes 1/

INTRODUCCION

El tema del presente trabajo también fue tratado recientemente en el Congreso de la ASIC, Colombia. Por esta razón aquí solo se discuten los resultados más importantes y las consecuencias que podrían tener para el fitomejoramiento del cafeto.

La resistencia genética del cafeto a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) ha sido estudiada durante los últimos 15 años en el Instituto Agronómico de Campinas (IAC), con el objetivo de encontrar formas de resistencia más duradera. Se han publicado algunos resultados parciales sobre esta temática en diferentes oportunidades y recientemente se publicó una revisión general de la literatura (Kushalappa y Eskes, CRC-Press, 1989).

En el presente trabajo se presentan algunos resultados de experimentos realizados entre 1984 y 1988 que se refieren al análisis genético de la resistencia completa e incompleta en la población de Icatú, a nivel diploide y tetraploide, así como en derivados de cruzamientos con el Híbrido de Timor (H.T.)

1/ Jefe del Servicio de Mejoramiento de Plantas, IRCC/CIRAD, Montpellier, Francia.

HISTORICO

Observaciones en campo mostraron la existencia de plantas totalmente resistentes, resistentes, moderadamente resistentes, moderadamente susceptibles y susceptibles a la roya en la población de Icatú, así como en derivados del Híbrido de Timor. La literatura mundial sobre resistencia a fitopatógenos indicaba que la resistencia intermedia (o incompleta) puede ser más duradera que la resistencia completa si la misma es poligénica. Sin embargo, la resistencia incompleta también puede ser específica y no duradera si está relacionada a un solo gen o a pocos genes de resistencia específica. Por consiguiente, y con el fin de estimar mejor el valor de la resistencia incompleta ante la roya del cafeto, se realizaron los siguientes estudios: 1. verificación de la formación de razas nuevas sobre plantas con resistencia intermedia y 2. estudios de la herencia de la resistencia.

RESULTADOS

Especificidad y herencia de la resistencia incompleta

Se detectaron tres nuevas razas más virulentas en relación a algunas plantas de las poblaciones de Icatú, Catimor y Coffea canephora cv. Kouillou, las cuales tenían resistencia incompleta a la raza II. Estos resultados fueron publicados en 1983 (Eskes, Tesis de Doctorado). La raza más importante es la denominada "Aislamiento 2 (Is. 2)", que es más virulenta que la raza II en relación al 5% de las plantas de Icatú y de algunas plantas de Catimor.

La herencia de este tipo de resistencia ha sido estudiada, el Cuadro 1 presenta los resultados de algunas progenies autofecundadas. La segregación observada muestra la presencia de un gen en condición heterocigota y con dominancia incompleta en la planta H 4782-10-225 de Icatú.

Aparentemente, el mismo factor de resistencia está presente en H 3847-7-104 y en una progenie de Catimor C 2012-19. Esta última planta parece homocigota porque no muestra segregación en relación a la raza II.

CUADRO 1. Reacción a las razas II e Is.2 de *H. vastatrix* de dos progenies autofecundadas de Icatú y un derivado del Híbrido de Timor.

Progenies autofecundadas	Raza	Nº de plantas				Total plantas
		Tipo de reacción **				
		R	MR	MS	S	
ICATU						
H 4782-10-225	II	33	40*		27	100
	Is.2		8	56*	36	
H 3849-7-104	II	49	42*	9	1	101
	Is. 2		28	52*	21	
CATIMOR						
C 2012-19 (UFV386-)	II	2	12*			14
	Is.2			8	6*	
TESTIGO						
cv CATUAI	II				10	10
	Is.2			5	5	

* Nivel de resistencia de las plantas progenitoras.

** R = Resistente, MR = Moderadamente resistente, MS = Moderadamente susceptible y S = Susceptible.

La conclusión de este trabajo es que la resistencia incompleta en Icatú y en derivados del Híbrido de Timor puede estar relacionada a un solo gen de resistencia específica. Entonces, en el caso de seleccionar resistencia incompleta en este germoplasma, no habría garantía de que esta resistencia sea duradera.

Los trabajos de herencia fueron ampliados a un mayor número de plantas con resistencia incompleta en campo. En el Cuadro 2 se muestra la segregación para resistencia a la raza II en varias progenies derivadas de plantas MR o MS de Icatú o Catimor, así como también de algunos cruces de estas con Catuaí. En general se observa una segregación bimodal, con un grupo mayor de plantas resistentes (M o MR) y menor de susceptibles (MS o S). Las proporciones observadas indican la acción de pocos genes, pero no siempre las proporciones son típicamente Mendelianas. Sin embargo, las proporciones observadas en los retrocruces muestran la acción de un gen (C2477-4 X Catuaí) o dos genes dominantes (C9875-2 y C2501-6b X Catuaí).

Estos resultados sugieren que los genes de resistencia incompleta pueden ser pocos, y que por eso probablemente sean genes de resistencia específica.

Aditividad de genes de resistencia

En los experimentos realizados se observó cierta relación entre la dosis génica y el nivel de resistencia de las plantas. Por ejemplo, plantas resistentes de progenies autofecundadas de Catimor y Cavimor, mostraron un menor tipo de reacción a la raza II en relación con plantas resistentes de cruces con la variedad Catuaí. El Cuadro 3 muestra una diferencia de 0,7 puntos en la escala de 0 a 9 para tipo de reacción. Entonces, las plantas resistentes autofecundadas (que contienen mayor carga genética) se mostraron más resistentes que plantas obtenidas de cruzamientos con una variedad susceptible.

El mismo tipo de resultado ha sido observado en retrocruces de la planta madre de Icatú (C37) con plantas susceptibles de Kouillou (ver publicación Eskes et al, ASIC, 1989). Las plantas resistentes de los retrocruces que segregan para 3-4 genes dominantes mostraron un tipo de

reacción menor a la raza II que las plantas de progenies que segregan para 2 genes, como se puede observar con detalle en el Cuadro 4. Esta diferencia puede ser de interés para el fitomejorador del cafeto, porque podría permitir una selección fenotípica de los genotipos con mayor carga genética para resistencia en las poblaciones de Icatú y Catimor

DISCUSION

Los resultados presentados sugieren, en oposición a lo que ha sido propuesto algunas veces, que la selección de resistencia incompleta en Icatú y en derivados del Híbrido de Timor no parece proporcionar una resistencia duradera, ya que la misma puede ser específica y basada en pocos genes. Así la expresión de resistencia incompleta podría estar relacionada con los genes *Shs* a *Sh₆* detectados en este germoplasma en el CIFC, Portugal.

Consecuentemente, la mejor estrategia para obtener resistencia duradera en este germoplasma parece ser la selección de resistencia completa en plantas que contengan mayor número de genes, que juntos deben constituir una barrera eficiente contra la formación de nuevas razas del patógeno. La aditividad de los genes de resistencia observada en Icatú y en los derivados del Híbrido de Timor sugiere que una selección fenotípica puede ser eficiente. Así, sería recomendable eliminar en el proceso de selección todas las plantas con nivel de resistencia intermedia y dar preferencia a las plantas altamente resistentes (tipos de reacción 0, 1 ó 2).

En términos prácticos, las plantas más productivas deberían ser observadas para su reacción a la roya en el campo y, si es posible, inocularlas con la raza II en el mismo campo. En seguida, es importante inocular en el vivero las descendencias de las plantas seleccionadas (10-15

plantas por pro genie). Las progenies que no segreguen y que muestren un mayor nivel de resistencia serán las más interesantes para seguir la selección.

Hay que señalar que, para esta finalidad, la utilización de discos de hojas no es muy recomendable porque la expresión de la resistencia normalmente es más pronunciada en discos que en el campo o en el vivero; de manera que con este método no se podrían diferenciar bien los distintos niveles de resistencia.

CUADRO 2. Tipo de reacción (TR) de plantas de Icatú o de derivados del Híbrido de Timor (HT) y de sus progenies, obtenidas por autofecundación o cruzamiento, inoculadas con la raza II de *M. vastatrix*. Los valores 1 a 3 indican resistencia, 4 a 5 resistencia moderada, 6 a 7 susceptibilidad moderada y 8 a 9 susceptibilidad.

Planta madre	TR en campo	Progenies (invernadero o vivero)									Nº Total de plantas
		TR									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ICATU:											
H4782-10-131-1	3	11	8	4	2			5	14	1	45
H4782-10-380-7	4	2	9	5	4	1		2	1		24
H9875-2	5	33	31	2	2	2	4	7	2		83
H4782-7-724-1	9						2	13	15		30
DERIVADOS DE HT:											
Catimor C2477-4	4		38	3	3				1	8	53
Cavimor C2502-4	4	24	21	3			3	4	3	12	70
Cavimor C2501-6b	5	4	27	15	4		3	3	2	1	59
Cavimor C2004-8	6	2	7	3	4		2	4	2		24
CRUZAMIENTOS:											
H9875-2 X cv Catuai		20	36	3	1	1	4	5	5	5	80
C2477-4 X cv Catuai		1	2	12		1	1	3	7	4	31
C2501-6b X cv Catuai		1	8	28	2		1	4	3	4	51
TESTIGO:											
cv Catuai							1	5	5	14	25

CUADRO 3. Reacción a la raza II de *H. vastatrix* de plantas resistentes progenies de Catimor o Cavimor autofecundadas (A) y cruzadas hacia cv. Catuaí (C), observadas en vivero.

Progenies	Autofecundación (A) o cruzamiento con Catuaí (C)	Nº de plantas			Promedio
		Tipo de reacción*			
		1	2	3	
Catimor C1999-8	A	59	8	1	1,2
	C	4	20	5	1,8
Cavimor C2501-6b	A	4	27	15	2,2
	C	1	8	28	2,7
Catimor C2477-4	A	0	38	3	2,0
	c	1	2	12	2,7

* 1 = "flecks" y tumefacciones de tamaño muy pequeño
 2 = "flecks" y tumefacciones de tamaño pequeño e intermedio
 3 = intermedias y grandes áreas cloróticas sin esporulación, algunas tumefacciones.

CUADRO 4. Reacción a la raza II de *H. vastatrix* de plantas resistentes de retrocruces entre la planta C37 y plantas susceptibles de cv. Kouillou de *C. canephora*.

Híbrido	Nº estimado de genes	Nº de plantas				Promedio
		Tipo de reacción*				
		0	1	2	3	
H 13588	2	1	4	21	7	2,1
H 13375	2	0	9	15	11	2,1
H 13583	3-4	7	18	16	5	1,4
H 13582	3-4	9	49	28	6	1,5

* 0 = sin síntomas visibles
 1 = "flecks" y tumefacciones de tamaño muy pequeño
 2 = "flecks" y tumefacciones de tamaño pequeño e intermedio
 3 = intermedias y grandes áreas cloróticas sin esporulación, algunas tumefacciones.

EN EL CULTIVO DEL CAFE

J. W. Freidel*
M. A. Alvarado**
C. Padilla***

- * Asesor G.T.Z.
- ** Programa Cooperativo Oficina del Café-MAG
- *** Dirección de Sanidad Vegetal

ISBN 9977 - 47

PRESENTACION

La Dirección General de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura y Ganadería y el Convenio Costarricense-Alemán en un esfuerzo común, presentan este documento con el que se da inicio a una serie de textos educativos y de divulgación, a publicarse en forma periódica.

Es oportuno agradecerle a los Ings. Albert Bell y Manfred Jung por la rapidez en la aprobación del Programa de Equipo de Aspersión que se ejecuta en Costa Rica, con motivo de la introducción de la Roya del Cafeto en diciembre de 1983. Asimismo, al Consultor contratado Dr. Jürgen Freidel, quien durante aproximadamente medio año trabajó intensamente en la preparación de este documento.

Un especial reconocimiento al Dr. Gerhard Jürgens, Jefe del Convenio Costarricense-Alemán, por su interés y ayuda en la visualización de los problemas fitosanitarios que nos agobian; en particular por la colaboración que ha brindado el programa sobre equipo de aspersión y al esfuerzo en la conclusión del presente documento.

Este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración de los inspectores del Servicio Regional de Sanidad Vegetal. Mención especial merece en este contexto, el técnico Minor Saborío Chaverri del Centro Agrícola Regional de Grecia, por su amplia dedicación en el trabajo de campo.

Ing. Oscar Fonseca Rojas
MINISTRO a.i

INTRODUCCION

El caficultor costarricense ha venido aumentando últimamente la cantidad de plantas de café por hectárea y usando cultivares de arquitectura cerrada. Esto, unido a la topografía del país y a la presencia de la Roya del Cafeto, ha obligado al técnico a realizar observaciones y estudios sobre las prácticas de protección fitosanitaria utilizadas en el combate de la enfermedad para complementarlas.

En este documento se exponen algunas consideraciones sobre las plantas y el equipo y su interrelación con el medio ambiente. Se resume aquí la información disponible a la fecha sobre utilización óptima del equipo de aspersión y sus aditamentos auxiliares, dosificaciones y forma de efectuar los tratamientos.

Esperamos que este aporte ayude a un combate más adecuado de la enfermedad y al mejor uso de los plaguicidas recomendados, para minimizar los efectos de la infección, la cantidad de insumos invertidos en el combate y los daños al sistema ecológico de la plantación.

Finalmente, diremos que todos los factores mencionados tienen como meta la obtención del efecto deseado. Deben observarse los efectos en las plantas tratadas y en el ambiente en donde se realiza el tratamiento.

CONTENIDO

	Pág.
I. ASPECTOS GENERALES	
De los factores influyentes y los criterios de tratamiento en la aplicación de sustancias químicas activas	11
1. Consideraciones Básicas	11
1.1. Las Plantas	13
1.2. El Equipo	13
1.3. El Medio Ambiente	13
2. Preparación y Distribución	14
3. Transporte de las Gotas	16
3.1. El Equipo	16
3.2. El Medio Ambiente	20
4. Penetración	22
4.1. La Planta	22
4.2. El Equipo	22
5. Retención	23
5.1. La Planta	23
5.2. El Equipo	23
6. Efecto	26
6.1. La Planta	26
6.2. El Medio Ambiente	26
II. ASPECTOS ESPECIALES	
Sobre la Aplicación de Fungicidas al Café en Costa Rica	28
1. Introducción	28
2. Efecto Deseado en la Aplicación	30

3. Factores de Influencia	31
3.1. La Planta	31
3.2. El Clima	32
3.3. El Equipo	33
3.3.1 Observación General	33
3.3.2. Observaciones con respecto a la lucha contra la Roya	35
3.4. La Persona	36
3.5. Calibración	38
4. Observaciones con Respecto a la Aplicación de Fungicidas Sistémicos	39
III. PRUEBAS	
De Equipos y Métodos de Aplicación en la Lucha contra la Roya en Costa Rica	40
1. Introducción	40
2. Método de Evaluación	42
3. Resultados	46
IV. RECOMENDACIONES	49
1. Equipo	49
2. Técnica de Aplicación (método)	49
3. Calibración	49
ANEXO 1 Literatura consultada	58

I. ASPECTOS GENERALES

**DE LOS FACTORES INFLUYENTES Y LOS
CRITERIOS DE TRATAMIENTO EN LA APLICA-
CION DE SUSTANCIAS QUIMICAS ACTIVAS**

El proceso de la aplicación de sustancias químicas activas, se puede dividir en los siguientes pasos principales:

- consideraciones básicas para la aplicación
- preparación y distribución de las sustancias
- transporte de las gotas (partículas), hacia el destino (influencia del equipo)
- penetración de la sustancia química en el follaje
- retención de la sustancia química en el destino
- efecto de la sustancia química en general.

Los factores que influyen en el proceso de aplicación son los siguientes:

- la planta
- el equipo
- el (medio) ambiente
y sus interacciones, que se deben estudiar en detalle para comprender este amplio complejo de la aplicación de pesticidas (figura I.0).

1. Consideraciones básicas

Cuando un científico quiere investigar los diferentes factores que influyen en el proceso de aplicación, y si un agricultor quiere proteger sus cultivos para producir una cosecha con un rendimiento satisfactorio, tienen que considerar primero los puntos básicos que consisten en:

- las plantas que necesitan protección
- el equipo que se utilizará
- el medio ambiente donde se aplicarán los pesticidas.

3. Factores de Influencia	31
3.1. La Planta	31
3.2. El Clima	32
3.3. El Equipo	33
3.3.1 Observación General	33
3.3.2. Observaciones con respecto a la lucha contra la Roya	35
3.4. La Persona	36
3.5. Calibración	38
4. Observaciones con Respecto a la Aplicación de Fungicidas Sistémicos	39
III. PRUEBAS	
De Equipos y Métodos de Aplicación en la Lucha contra la Roya en Costa Rica	40
1. Introducción	40
2. Método de Evaluación	42
3. Resultados	46
IV. RECOMENDACIONES	49
1. Equipo	49
2. Técnica de Aplicación (método)	49
3. Calibración	49
ANEXO 1 Literatura consultada	58

I. ASPECTOS GENERALES DE LOS FACTORES INFLUYENTES Y LOS CRITERIOS DE TRATAMIENTO EN LA APLICACION DE SUSTANCIAS QUIMICAS ACTIVAS

El proceso de la aplicación de sustancias químicas activas, se puede dividir en los siguientes pasos principales:

- consideraciones básicas para la aplicación
- preparación y distribución de las sustancias
- transporte de las gotas (partículas), hacia el destino (influencia del equipo)
- penetración de la sustancia química en el follaje
- retención de la sustancia química en el destino
- efecto de la sustancia química en general.

Los factores que influyen en el proceso de aplicación son los siguientes:

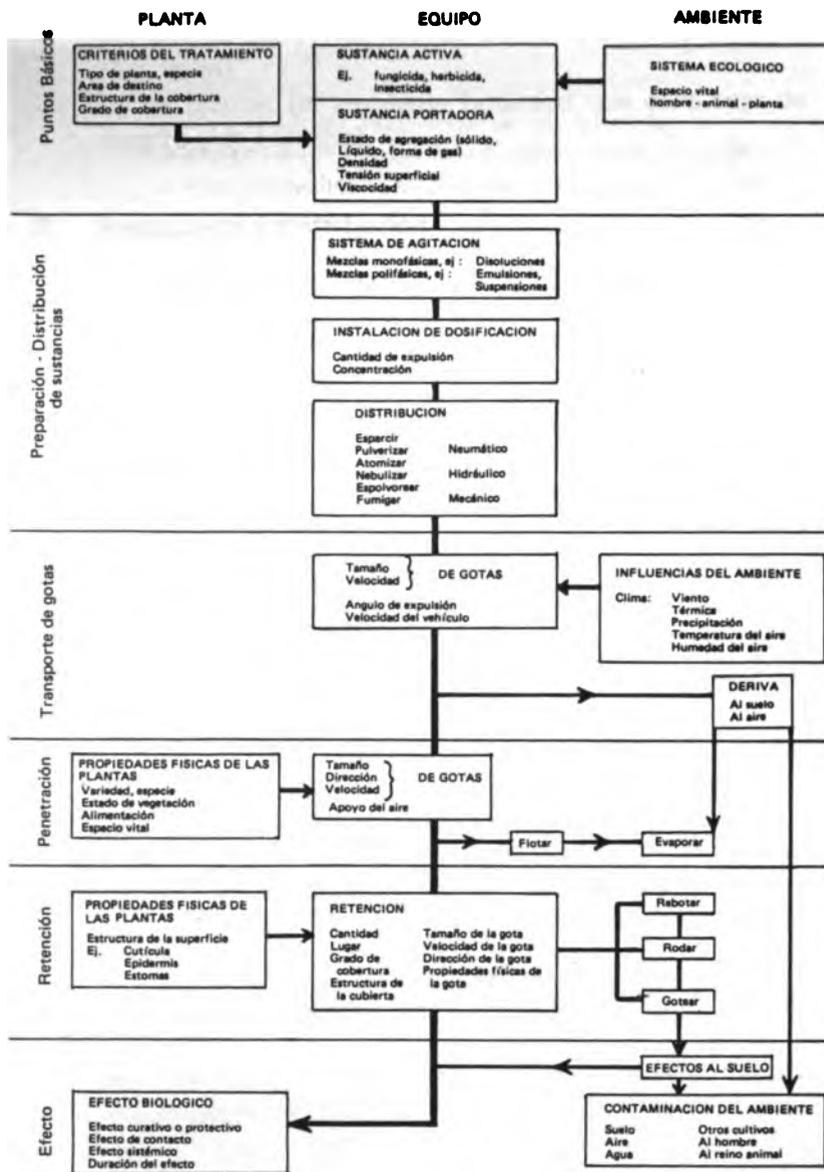
- la planta
 - el equipo
 - el (medio) ambiente
- y sus interacciones, que se deben estudiar en detalle para comprender este amplio complejo de la aplicación de pesticidas (figura 1.0).

1. Consideraciones básicas

Cuando un científico quiere investigar los diferentes factores que influyen en el proceso de aplicación, y si un agricultor quiere proteger sus cultivos para producir una cosecha con un rendimiento satisfactorio, tienen que considerar primero los puntos básicos que consisten en:

- las plantas que necesitan protección
- el equipo que se utilizará
- el medio ambiente donde se aplicarán los pesticidas.

Figura 1.0 Factores de influencia y criterios del tratamiento en la aplicación de sustancias activas químicas.



1.1. Las Plantas

Con las plantas se debe considerar:

- el tipo de planta, por ejemplo: los cereales, como arroz o maíz; los árboles, como frutales o cafetos; las hortalizas, como frijoles, coles, tomates; pues todos tienen una arquitectura diferente.
- el área de destino; es decir el suelo, las raíces, las hojas y sus posiciones: vertical, como en los cereales; horizontal, como en muchas hortalizas; hoja envés y haz (Roya del Café).

Hay que pensar en la estructura de la cobertura, que es tan necesaria para la defensa de ataques (plagas, enfermedades) y para destruir malezas. Además se debe pensar en el grado de cobertura como el área cubierta con relación al área total.

1.2. El Equipo

Para seleccionar el equipo adecuado (que representa el segundo factor de influencia) hay que tomar en cuenta las sustancias activas que se aplicarán, es decir los fungicidas, insecticidas o herbicidas. Además, hay que saber cuál sustancia portadora se utilizará y qué estado de agregación tiene la sustancia portadora:

- sólida (gránulos)
- líquida (aspersión)
- en forma de gas (fumigación).

Y por último qué densidad, viscosidad y tensión superficial tienen estas sustancias, por ejemplo: aceite tiene otros valores que el agua.

-- También hay productos corrosivos y que desgastan mucho el equipo (por ejemplo: cobres, algunos abonos foliares).

1.3 El Medio Ambiente

En muchos casos lamentablemente el medio ambiente

el espacio vital:

- del hombre (área de trabajo, recreación)
- del animal (que vive en los bosques, prados, campos, ríos, lagos)
- de las plantas (el ambiente botánico que es la base de nuestra vida humana).

2. Preparación y distribución

En este punto del proceso, el equipo es el único que tiene influencia.

- Sistema de Agitación

Hay que pensar si se necesitan mezclas monofásicas, como disoluciones, o si se necesitan mezclas polifásicas, como emulsiones (líquido en líquido), o suspensiones (polvo en líquido; fungicidas de cobre). La agitación constante de la mezcla no es tan importante en mezclas monofásicas, porque son más estables, como sí lo es en mezclas polifásicas, las cuales necesitan una agitación constante, para que las partes no se separen y la concentración de la mezcla sea uniforme.

- Dispositivos de Dosificación

Los dispositivos de dosificación son: válvula ajustable de presión, tipo y número de boquilla (cantidad de expulsión) o regulador de velocidad y tanques o vasos graduados para las sustancias portadoras de químicos (concentraciones).

- Distribución

La distribución de las ^{partículas} sustancias puede ejecutarse de las siguientes maneras:

- neumática (por medio de un chorro de aire: bomba atomizadora de espalda)
- hidráulica (por medio de compresión: bombas estacionarias y manuales)
- mecánica (por medio de un disco giratorio turbina: micronizador).

Tabla I.1a: Sistemas de Aplicación.

Sistema	Descripción de la sustancia expulsada			Gasto líquido l/ha	
	Tamaño de las gotas (μ)	propiedades de las gotas	producción y transporte de las gotas	horticultura	fruticultura
Aspersión	150-500	suspensiones emulsiones	hidráulico mecánico neumático	100-500	500-2000
Atomización	50-150	y disoluciones en agua y otros disolventes	balístico o corriente de aire como vehículo	50-200	50-800
Nebulización	0,5- 50	tas	neumático térmico, movimiento de aire	2	10

Tabla I.1b: Valoración de los Sistemas.

Sistemas	Ventajas	Desventajas
Aspersión	gran capacidad de adherencia, se puede emplear en todo, baja toxicidad para el trabajador	se necesita mucha agua, bajo rendimiento por superficie, altos costos, pérdidas por goteo
Atomización	buena adherencia, poca necesidad de agua, alto rendimiento por superficie, poca mano de obra	alto consumo de energía, se requieren técnicas exactas de aplicación; peligro de efectos tóxicos para el trabajador
Nebulización	buena adherencia, ninguno o muy bajo consumo de agua, alto rendimiento	gran peligro de deriva, productos caros, gran peligro de intoxicación para el hombre y la planta

Además existen las siguientes formas de distribución:

- esparcir (gránulos)
- pulverizar o asperjar (líquido en alto volumen: cultivos anuales)
- atomizar (líquido en bajo y ultrabajo volumen: cultivos anuales y árboles)
- espolvorear (polvo, tratamiento de semillas y almacenes)
- fumigar (gas, polvo micronizado; almacenes y semillas).

En las tablas 1.1a. y 1.1b. se comparan las formas de distribución más comunes y más importantes para el tratamiento de arbustos como el cafeto (pulverización, atomización, nebulización), y se dan informaciones sobre los más importantes datos que clasifican a estas diferentes formas de aplicación (terminología), como gasto de agua por hectárea, y tamaño de gotas y además las respectivas ventajas y desventajas. Se debe llamar la atención del agricultor y del científico, sobre la diferencia del gasto de agua en hortalizas y en fruticultura.

3. Transporte de las gotas

El transporte de las gotas, es decir el trayecto entre la boquilla y su destino está influenciado tanto por el equipo como por el medio ambiente.

3.1. El Equipo

El tamaño de las gotas de una sustancia, con viscosidad, densidad y tensión superficial conocida y su velocidad (sus energías), depende de diferentes factores:

- boquilla
- presión
- flujo de aire
- velocidad (del vehículo)
- forma de disco.

Y éstos según el principio de la distribución de la sustancia, es decir, neumática, hidráulica o mecánica.

- Neumática

Con la distribución neumática, el tamaño de las gotas depende del tamaño y del tipo de boquilla y de la velocidad del chorro de aire. Las correlaciones entre los factores se anotan en la tabla 1.2 y en la tabla 1.4.

Tabla 1.2: Ejemplo para la variación del tamaño de las gotas, dependiendo del gasto de líquido (l/min.) de un atomizador radial.

gasto (l/min.)	tamaño de gotas (μ)
0.7	200
1.6	242
2.0	285

- Mecánica

La formación de las gotas y su tamaño depende de la boquilla y de la velocidad del disco y su tipo. En principio, hay las mismas relaciones como lo muestra la tabla 1.4.

- Hidráulica

En la distribución hidráulica, generalmente el tamaño de gotas depende del tipo y tamaño de la boquilla y de la presión existente a la boquilla. Básicamente existen las mismas influencias como se muestra en la tabla 1.4. La tabla 1.3 y la figura 1.2 muestran más relaciones entre tamaño de las gotas, presión, cantidad de agua.

Tabla 1.3: Cantidad de agua dependiente del tamaño de la boquilla y de la presión (l/min.).

presión (atm.)	diámetro del hueco de la boquilla				
	0,8	1,0	1,6	2,0	2,5
10	11,8	16,0	34,4	49,9	63,0
30	21,0	28,0	60,3	81,3	109,4
50	24,6	37,5	76,6	105,0	—

Figura 1.2: Influencia de la presión sobre el espectro de las gotas (boquilla de chorro circular).

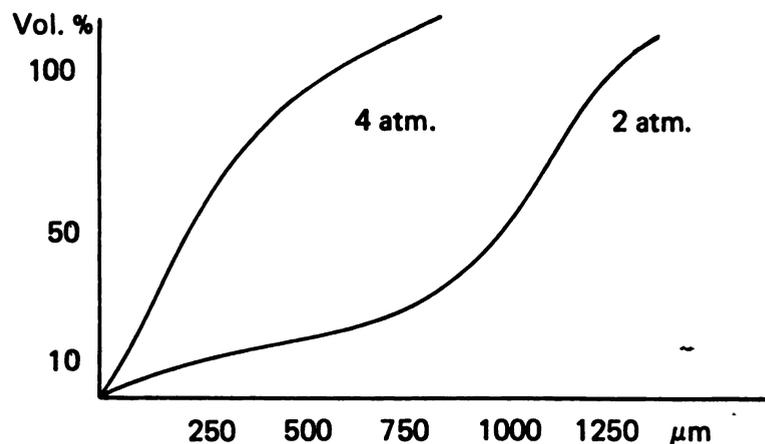
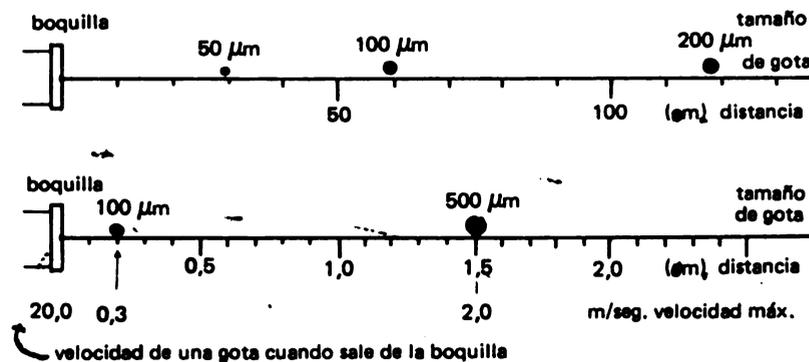


Tabla 1.4: Relaciones principales entre las causas y efectos en la distribución de las sustancias.

CAUSAS		EFECTOS	
FLUJO DE AIRE, VELOCIDAD DEL DISCO O PRESION	TAMAÑO DE LA BOQUILLA	TAMAÑO DE LAS GOTAS	GASTO DE AGUA
medio	medio más pequeño más grande	medio pequeño grande	medio menos más
poco	medio más pequeño más grande	grande medio muy grande	menos menos más
fuerte	medio más pequeño más grande	pequeño muy pequeño medio	mucho medio mucho más

La aceleración, la velocidad y la distancia del transporte de las gotas depende del tamaño de las mismas, por ejemplo: una gota de 100 μ alcanza su velocidad máxima de 0,3 m/seg. a 20 cm de la boquilla y vuela 60 cm; mientras que una gota de 500 μ alcanza su velocidad máxima de 2 m/seg. después de 150 cm (figura 1.3).

Figura 1.3: Velocidad y distancia de transporte de las gotas de diferente tamaño.



El ángulo de expulsión (vertical, diagonal con respecto a la superficie a ser tratada), influencia la distancia entre la boquilla y la hoja, así como la penetración.

La velocidad con la que se guía la boquilla sobre el cultivo (vehículo lanza), logra un componente adicional de velocidad (casi siempre transversal a la velocidad), y dirección, que llevan las gotas impulsadas por la boquilla. También tiene lugar una desviación de las gotas y, según el método de aplicación, una prolongación recorte de la vía de transporte.

3.2. El Ambiente

Como se observa en la figura 1.3, una gota de un determinado tamaño, tiene una energía determinada. La vida, y con ello el alcance de la gota, depende en gran parte de las condiciones climáticas, como se muestra en las siguientes figuras 1.4 y 1.5 y en la tabla 1.5.

Tabla 1.5: Vida útil de las gotas de agua a distintas temperaturas y humedades relativas.

diámetro de gota (μ)	temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	humedad relativa (%)	vida útil (seg.)
100	20	70	20
100	30	40	8
50	20	70	5
50	30	40	2

Cuando ambos factores (véase 3.1 y 3.2) son desfavorables; resulta una deriva de las sustancias, que disminuye el depósito del producto —es decir su efecto— en las plantas, es menos económico y además contamina el ambiente.

Medidas para reducir la evaporación y deriva:
no aplica cuando:

- las temperaturas son muy altas (los pesticidas sistémicos se evaporan antes de penetrar las plantas)

- haya una térmica muy fuerte (fuertes vientos ascendentes debido a recalentamiento del suelo o de la baja presión)
- haya poca humedad relativa, con temperatura alta (las gotas se secan antes de llegar al cultivo)
- los vientos pasen de 3 m/seg. (leve brisa, vientos de intensidad 2).

Prefiera siempre las horas del amanecer o del anochecer con viento en calma, alta humedad (aire) y bajas temperaturas, para sus tratamientos fitosanitarios.

Figura 1.4:
Caída de las gotas en m/seg.
dependiendo de su tamaño
(flotando en el aire)

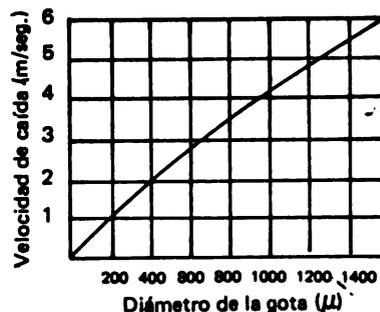
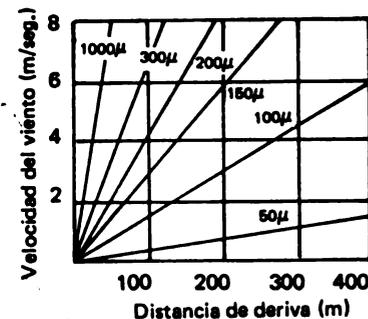


Figura 1.5:
Distancia de deriva de gotas de
distintos tamaños dependiendo
de la velocidad del viento



4. Penetración

La penetración de las sustancias activas depende de la arquitectura de las plantas, o sea la parte que será tratada de la planta, así como del equipo y del ambiente.

4.1. La Planta

Las propiedades físicas del cultivo influyen mucho en la penetración. Los factores más importantes son:

- especie
Un campo de arroz tiene una diferente estructura que un campo de maíz, y otra que arbustos como el cafeto. Es decir, hay plantas que tienen una estructura más abierta que otras y así permiten una mejor penetración de las sustancias, que las plantas más anchas y densas.
- estado de vegetación
El arroz en estado de plántula tiene una estructura más abierta que en estado de maduramiento. Por otro lado presenta una estructura más abierta en su estado maduro, permitiendo una mejor penetración.
- nutrición
Un cultivo con una nutrición adecuada, presenta generalmente una estructura más densa que una pobremente nutrida, (ej.: número de hojas), y también es más resistente contra ataques.
- espacio vital
Esto significa densidad de siembra por área; o sea que entre más denso, más mala será la penetración. También la poda influye en la penetración (arboricultura), abriendo espacios.

4.2. El Equipo

Como se desprende del punto 3.2, el alcance y velocidad de las gotas, depende del tamaño de éstas y de la energía con que se expulsan. También la dirección del vuelo es influen-

ciada por el equipo, y con esto el efecto de la penetración en el cultivo.

Las gotas grandes volarán recto y rebotarán en obstáculos (por su vuelo balístico), mientras que las gotas más pequeñas podrán flotar más tiempo en el aire y rodearán de esta forma sus obstáculos.

Las gotas más pequeñas se evaporan más rápidamente y se pierden, mientras que las grandes caen más rápido al suelo.

En ciertos casos, las corrientes de aire las apoyarán en el efecto.

5. Retención

Si se contempla la retención, es decir el tiempo que permanece la sustancia sobre la planta, también se deben considerar las cualidades físicas de la planta, y los diferentes factores que dependen del equipo (presión, boquilla, etc.).

5.1. La Planta

La acogida y el paradero de las sustancias químicas depende de la estructura de la superficie de las hojas.

- la epidermis (con o sin vellos)
- la cutícula (tipo encerado, parafinado; estructura ondulada)
- las estomas (tamaño, número, estructura)

5.2. El Equipo

La retención depende de los siguientes factores:

- la cantidad de agua por ha
- el lugar donde se necesita la sustancia (ramas, hojas; envés/haz)
- el grado de cobertura (porcentaje por superficie de la hoja)
- estructura de la cobertura (número de gotas por centímetro cuadrado, véase tabla 1.6; figura 1.6 y 1.7.

Tabla 1.6: Relación entre tamaño de gotas, número de gotas y l por hectárea.

diámetro de gotas (μm)	cobertura 100% No. gotas/cm ²	cantidad de agua l/ha
500	27	155,0
300	65	92,0
150	277	49,0
100	644	33,5
50	4 150	27,1
25	32 500	26,6

Estos factores son importantes en los casos en que se aplican sustancias curativas o preventivas.

Figura 1.6: Espectro de gotas; volumen por hectárea casi igual.

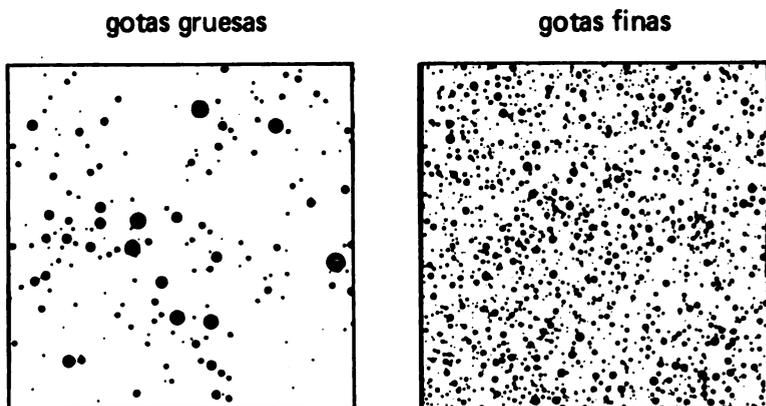
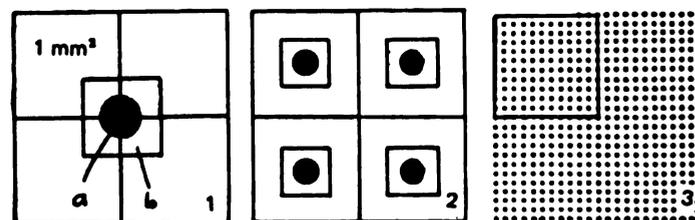


Figura 1.7: Efecto del tamaño de la gota sobre el grado de cobertura y superficie de la gota.



Supuesto que las gotas sean globos: a = diámetro de las gotas
b = superficie de las gotas

Quando se aplican sustancias curativas o sistémicas, se necesitan gotas más grandes, que no se sequen tan rápidamente, para que así se logre una mejor penetración en forma líquida en la hoja. Es decir que sólo son necesarios grados de coberturas bajos y con pocas gotas pero grandes, para la aplicación de sustancias curativas.

En la aplicación de sustancias preventivas, como cobre, son necesarias gotas finas y pequeñas, con un grado de cobertura muy alto y con una estructura de cobertura homogénea sobre la superficie de la hoja. La figura 1.7 muestra cómo un mismo volumen de gota, logra una mayor cobertura con partículas más pequeñas. Secuencia 1, 2, 3.

La retención de las sustancias en las hojas depende además de:

- el tamaño de las gotas (grandes gotas ruedan y gotean más rápido)
- la velocidad de las gotas (gotas con gran velocidad rebotan más fácilmente en las hojas)
- el ángulo con que caen las gotas sobre la hoja (con ángulo pequeño rebotan y gotean más fácilmente)
- las propiedades físicas de las gotas (viscosidad y tensión superficial)

Cuando la aplicación se está ejecutando mal, es decir que no se observan los factores mencionados, las gotas rodarán, rebotarán o gotearán causando un efecto negativo al ambiente.

6. Efecto

Todos los factores mencionados anteriormente están en relación directa con el efecto deseado, y tienen en su consideración el mismo como meta. Hay que observar los efectos en las plantas tratadas y en el ambiente en donde se efectuó el tratamiento.

6.1. La Planta

El efecto que deseamos puede ser:

- curativo (combatir una enfermedad, maleza o plaga)
- preventivo (prevenir el ataque de las plagas, enfermedades o malezas al cultivo)

sea un efecto:

- contacto (la sustancia necesita un contacto directo con las plagas)
- sistémico (la sustancia puede trasladarse en la planta y actuar dentro de la misma, como por ejemplo contra el micelo de hongos).

También se debe considerar la duración del efecto, por ejemplo:

Para un efecto preventivo, se aplican las sustancias antes del ataque de las enfermedades y plagas, y este efecto debe mantenerse durante un período largo. Entre más larga sea la duración del efecto, menos son las aplicaciones.

6.2. El Ambiente

Cuando se aplican plaguicidas, no sólo se obtiene un efecto en la planta contra los problemas fitosanitarios, sino que hay un efecto sobre el medio ambiente. A este aspecto,

lamentablemente, no se le da mucha importancia en la aplicación de plaguicidas. Sin embargo, la contaminación ambiental es un punto muy importante, del cual debemos estar más conscientes.

Cuando se aplican plaguicidas, se debe esperar siempre con una contaminación de:

- otras plantas (problemas por la aplicación de herbicidas)
- del suelo (problema por el goteo de las sustancias)
- del agua (problema por lavado, aguas subterráneas y superficiales)
- del aire (problema de la deriva).

Nunca se deben hacer aplicaciones viendo solo los efectos a corto plazo (económicos y ecológicos), sino también a largo plazo, tratando de reducir a un mínimo el uso de plaguicidas (que sin duda son necesarios), por medio de técnicas de aplicación correctas.

— ★★★ —

II. ASPECTOS ESPECIALES

SOBRE LA APLICACION DE FUNGICIDAS AL CAFE EN COSTA RICA

1. Introducción

Las reflexiones básicas expuestas en la primera parte para la aplicación de sustancias químicas activas, observando los diversos factores influyentes, asociaciones y efectos, se concretarán como aspectos prácticos, en la lucha contra la Roya de cafeto en Costa Rica. Se fija pues como punto de partida el efecto del tratamiento, o sea, el combate de la Roya, al que se han de orientar la aplicación y observación de los factores influyentes correspondientes.

El experto (y el científico) se tendrá por tanto que enfrentar:

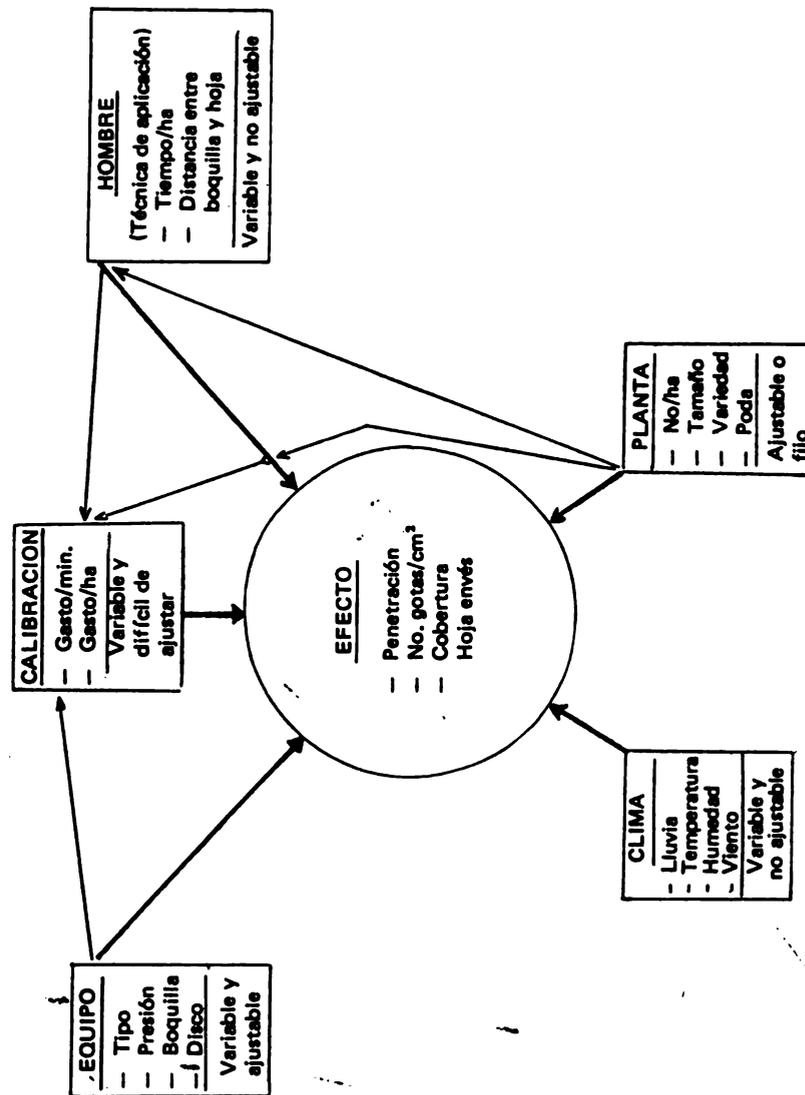
- con la planta (población de plantas) en que se lleva a cabo la aplicación
- con las condiciones climáticas en las que se lleva a cabo la aplicación
- con el equipo con el que se lleva a cabo la aplicación
- con la persona que lleve a cabo la aplicación

Debe tomarse en cuenta que los dos últimos factores (equipo, persona) tienen su propia influencia en el igualmente importante factor regulación de calibración.

Estos factores reguladores se representan en la figura II.1 con sus respectivos ámbitos de influencia, sus características y relaciones.

La lucha contra la Roya por medio de sustancias químicas activas puede llevarse a cabo con el uso de fungicidas sistémicos y curativos o preventivos. El uso de medios cupríferos (medios preventivos) contra la Roya y otras enfermedades del café causadas por hongos, tienen sin

Figura II.1: Factores de influencia e interrelaciones mayores en la aplicación de fungicidas en cafetales.



lugar a dudas la mayor importancia tanto en Costa Rica (en 1984, cerca de 204 toneladas), como a nivel mundial. Por eso la exposición de los factores reguladores se limitará, a continuación, a la aplicación de medios cupríferos. Se agrega para complementar, una consideración resumida sobre el uso de fungicidas sistémicos.

2. Efecto deseado en la aplicación

En contraposición con la lucha contra otros hongos que atacan al café (*Cercospora coffeicola*, *Mycena citricolor*), presenta la lucha contra la Roya una particularidad importante:

—La infección se encuentra únicamente en el envés de la hoja—

Una infección necesita para tener éxito (es este el caso de la mayoría de los hongos), además de poca luz y la temperatura apropiada (20–25°C), que la superficie de las hojas esté húmeda (por ej.: de rocío) — germinación de las esporas e irrupción del hongo en las estomas — durante un intervalo de varias horas.

Estas condiciones se dan en una vegetación densa: más bien en la zona interior e inferior de la planta y no en la externa superior.

Así pues, el desarrollo y la propagación del hongo ocurren principalmente en la zona mencionada en el envés de las hojas.

De estas características específicas de los hongos resulta la necesidad de una penetración muy buena del fungicida en la planta, procurando el mayor grado posible de cobertura del envés de todas las hojas interiores y, además, el mayor grado posible de cobertura de la superficie total de la hoja (esto es, relación del área total cubierta por las gotas y el área de las hojas). Esto se logra por medio del depósito de una cantidad

lo más grande posible de gotas pequeñas (más de 100 por cm^2 , con un diámetro medido sobre la hoja de alrededor de 0,3 mm o menos), que también muestran una mayor retención (tiempo de permanencia de la sustancia sobre la hoja) que las gotas grandes. Esta necesidad se trasladará ahora a la aplicación de caldos cupríferos en una cierta población de café, bajo determinadas condiciones climáticas y al equipo en uso y su manejo (persona), con la calibración adecuada.

3. Factores de influencia

3.1. La Planta

El factor planta resulta difícilmente modificable en el momento en que se hace necesaria la aplicación en una población existente. Se trata pues de un factor fijo.

¿Cuáles son los factores que hay que tomar en cuenta en la planta?

En primer lugar debe citarse la variedad, mejor dicho, la forma de crecimiento del cultivar correspondiente. Por ejemplo "Típica" es alta con internudos largos, y en correspondencia, pares de hojas muy separados entre sí. Tiene una arquitectura relativamente abierta que permite una penetración relativamente buena del líquido.

Lo contrario sucede en el "Villa Sarchí" o "Caturra", que tienen un porte bajo con internudos muy cortos y los correspondientes pares de hojas muy cercanos unos a otros. Estos cultivares tienen un crecimiento compacto y cerrado que dificulta la penetración y requiere una técnica de aplicación muy elaborada.

El tamaño de la planta debe considerarse en primer lugar en relación con la cantidad de líquido por ha. Una planta de Caturra de tres años promedio (150 cm, 2 ejes; en agosto), tiene más o menos 2,300 hojas. Considerando un promedio de superficie por hoja de 50 cm^2 , esto significa alrededor de

11,5 m² por planta. Una planta de 250 cm (Caturra, 2 ejes; setiembre), tiene en cambio alrededor de 4,200 hojas. Con una superficie promedio por hoja de alrededor de 35 cm², se tienen 14,7 m² por planta, o sea, más o menos 25% más de superficie foliar que en la planta de 150 cm de altura.

También es de importancia la cantidad de plantas por hectárea, que asimismo debe ser considerada en relación con la aplicación (véase tabla II.1).

El tipo de poda es otro factor a tomarse en cuenta:

- La poda "Rock and Roll" (usada en Costa Rica) abre cada mata.
- La poda en ciclos abre solamente determinadas hileras, lo que facilita la penetración tan solo en dichos surcos. Sin embargo, y dependiendo del momento de aplicación, puede reducirse el líquido y fungicida por ha, hasta en un tercio (poda en tres ciclos) o en un quinto (poda en cinco ciclos).

Tabla II.1: Ejemplo de superficie foliar (m²) por hectárea, dependiendo de la densidad de siembra.

Altura (cm) de la planta	CANTIDAD DE PLANTAS/HA			
	4,000	5,000	6,000	7,000
150	46,000	57,500	69,000	80,500
250	58,800	73,500	88,200	102,900

Nota: Estos números son cálculos con base de una planta, hay que considerar variación según la densidad de la población, y de poda.

3.2. El Clima

Como ya en la primera parte se habló extensamente de la influencia del clima y, en lo que respecta a la lucha contra la Roya en Costa Rica, no se tratará de nuevo ese punto y se remite a lo entonces dicho.

La única observación pertinente sería que deben tomarse en cuenta las lluvias durante el momento de la aplicación de medios cupríferos, pues:

- las lluvias fuertes lavan el cobre de las hojas; lo que, en todo caso sucede principalmente en las hojas externas antes que en el interior de la planta
- por el lavado (goteo y salpique) se produce un reacondo del depósito que, eventualmente aumenta este, en la parte inferior de las hojas.

En lo que se refiere a estos dos puntos no existen investigaciones en Costa Rica (y solamente informaciones insuficientes de otros países), por lo que éstos han de considerarse sólo como posibles efectos, sin medición. Aún menos, se puede emplear este efecto como justificación para una aplicación superficial.

3.3. El Equipo

3.3.1. Observación general

La aplicación manual es la forma más difícil de aplicación en lo que se refiere a los factores de regulación y, por tanto, a la exactitud de la aplicación. En la tabla II.2, se hace una comparación de la aplicación manual con la aplicación totalmente mecanizada en cultivos de labranza.

Se muestra que en la aplicación totalmente mecanizada en el campo de labranza hay cinco factores constantes y solamente tres variables regulables. Esto significa un grado alto de exactitud y seguridad en la aplicación.

Por el contrario, en la aplicación a mano en cultivos arboríferos (por ej.: el café), apenas se puede contar con una distribución regular que tenga el efecto deseado, pues aunque también se cuenta con tres factores variables regulables, hay otros cinco que siendo también variables, no son regulables ni controlables. Esto muestra, que en esta forma de aplicación se pueden efectuar correcciones solamente dentro de cierto límite, pero que no es posible llegar a la exactitud de las aplicaciones en el campo.

Tabla 11.2: Factores importantes para el ajuste del equipo.

Factor determinante para	FACTOR	EQUIPO DE ASPERSION TOTALMENTE MECANIZADO, CON ANCHURA DE TRABAJO CONSTANTE			EQUIPO PARA LA APLICACION A MANO, LANZA, PISTOLA, TUBO EN FRUTALES (CAFETAL)		
		constante	variable ajustable regulable	variable no regulable ni ajustable	constante	variable regulable ajustable	variable no regulable ni ajustable
l/minuto	1. Número de boquillas por anchura de trabajo dada	X	-	-	-	X	-
	2. Tamaño de boquilla	X	-	-	-	X	-
l/hr	3. Presión	-	X	-	-	X'	-
	4. Velocidad del equipo	-	X	-	-	-	X'
	5. Anchura de trabajo	X	-	-	-	-	X'
	6. Disposición de la boquilla	X	-	-	-	-	X'
	7. Angulo del chorro*	X	-	-	-	-	X'
	8. Distancia entre boquilla y superficie	-	X	-	-	-	X'
Propor- ción	constante regulable	5	3	-	-	3	5
	no regulable	-	-	-	-	-	-

1. difícil de definir
2. diferencias en la cantidad expulsada por cambios en el ángulo de chorro: chorro delgado 100% más que chorro ancho.

3.3.2. Observaciones con respecto a la lucha contra la Roya

Las especificaciones del equipo y los métodos de aplicación están regidos claramente por el efecto deseado y necesario, esto es, suficiente cubrimiento del envés de las hojas interiores de la planta.

¿Qué aporta a esto el equipo? Más aún, ¿cómo debe estar equipado y ajustado el equipo?

En primer lugar, no importa el tipo de equipo, debe producirse una cortina relativamente corta que se amplíe lo más rápidamente posible a partir de la boquilla. Simultáneamente en esta cortina hay también el tamaño de gota apropiado (para la relación entre el tamaño de la gota, distancia de recorrido, energía, velocidad; véase parte 1.3.), o sea, las gotas de menor tamaño posible (0,1-0,5 mm de diámetro) para lograr un depósito lo más efectivo posible, que se desvíen o evaporen en la menor cantidad posible.

Esto se logra:

- En los equipos manuales; utilizando la mayor presión de trabajo posible de 75-90 libras (según el fabricante), por medio de la selección adecuada:
 - de las boquillas
 - del nebulizador
- En los equipos estacionarios con:
 - cuerpos correspondientes (boquilla, nebulizador)
 - la presión apropiada (180-200 lbs)
 - lanza modificada, doble salida y el ángulo correspondiente
- En los equipos motorizados de espalda:
 - máxima aceleración
 - con la apertura de escape apropiada
 - salida correspondiente (rejilla chorro ancho o rejilla arriba).

De los resultados de pruebas de equipos hechas hasta ahora en Costa Rica, se tienen las recomendaciones de la tabla II.3.

Para recomendaciones más elaboradas de las construcciones de las lanzas y salidas, veáse la parte cuarta.

Tabla II.3: Recomendaciones para los implementos y uso apropiado del equipo.

Tipo de equipo	Presión (lb/pg)	Abertura o boquilla	Nebulizador	Rejilla
Manual	máx. 75-90	D1,5 D2	2 huecos sin centro	—
Estacionaria	Media o 180-200	Misma cada salida		—
Motorizada	Máxima aceleración	2(1)	—	mono o doble salida; rejilla arriba o rejilla 'telaraña'

Abertura = dosificación para atomizador radial
Boquilla = cuerpo 'Spraying Systems'

3.4. La Persona

En la figura II.1 se cita la persona como factor influyente. Esto puede parecer extraño en el primer momento, pues en realidad es el método de aplicación el que debería citarse como factor influyente. Sin embargo, la persona es quien influye sobre el método y tiene la responsabilidad, y no una técnica neutral para la aplicación adecuada. Por esta razón es que aquí, como factor influyente, se cita a la persona.

¿Qué debe tomar en cuenta la persona durante la aplicación?

Ejerce influencia en dos aspectos:

- el tiempo por cafeto, simultáneo con la cantidad de líquido fungicida por planta
- la distancia entre la boquilla y la hoja.

Ambos factores son fundamentales para el éxito de la aplicación, es decir, para la obtención de:

- la mayor penetración posible
- el mayor grado de cubierta posible del envés de las hojas.

¿Qué significa en la aplicación el factor tiempo?

Como ya se ha dicho, sólo existe un tamaño de gota (espectro de gotas) apropiado para lograr la estructura de cubrimiento deseada; además, según el tipo de equipo y sus implementos, está fijado el gasto de líquido (litros por minuto).

Para lograr la máxima penetración posible con un grado de cubrimiento adecuado, el encargado de la aplicación debe dedicar un tiempo mínimo a cada planta y dar salida a una cantidad mínima correspondiente de líquido por cafeto (veáse, parte 4, recomendaciones).

Si el tiempo es muy corto, la penetración es escasa: pocas gotas alcanzan el envés de las hojas. Si en cambio, se dedica mucho tiempo a cada cafeto, lo cual equivale a una salida grande, se forman "medias lunas" y las pérdidas por goteo (en especial en las hojas externas) son demasiado grandes, y por tanto, también reducen el éxito, además de aumentar la contaminación ambiental.

Existe pues un claro rango que puede ser determinado para cada equipo en un cafetal dado (variedad, poda, edad, plantas por hectárea) — Véase parte 4, recomendaciones.

¿Qué significa el factor distancia entre la salida y la hoja?

La arquitectura del cafeto en general y el cultivo del mismo en Costa Rica (siembra), variedad, poda), le confieren importancia a esta pregunta. El alcance y la energía (velocidad) de las gotas ideales son relativamente pequeños. Las pruebas hechas hasta ahora demuestran además que una

aplicación desde afuera no produce más que una escasa penetración. La distancia entre la boquilla y la hoja en el interior de la planta, debe pues acortarse. Se hace necesaria una agitación en la planta, si no solamente se humedecen las hojas en el haz.

Otro aspecto importante cuando se considera el depósito a las hojas en el envés, también está determinado por la planta.

Las hojas del cafeto (en especial de "caturre", "catual", tres años, 150 cm) cuelgan por lo general hacia abajo, formando una pared que hace imposible casi la penetración. Para mejorar el depósito en el envés, es necesario que la agitación se realice siempre de abajo hacia arriba (dirección de la aplicación), sin que esto dependa del equipo y no en ángulo recto o desde arriba. Para facilitar este método de aplicación se hacen las alteraciones correspondientes en la lanza y las salidas (véase parte 4, recomendaciones).

3.5 Calibración

A pesar de los factores fijos, recomendaciones y pruebas del equipo, de la planta y a la técnica de aplicación, se hace necesario efectuar regularmente una calibración, tanto del equipo como de "la persona".

- La calibración del equipo es necesaria para mantener el espectro de las gotas deseado. De la dotación del equipo dada en la tabla 11.3 resulta una calibración propia de este: el gasto en litros por minuto. Este bien puede variar dependiendo de la presión y la corriente del aire, y ésta a la vez con el número de revoluciones del motor. Por este motivo debe ser controlada y, de ser necesario, corregido regularmente el gasto de líquido por minuto.
- La calibración de la persona es necesaria para determinar el gasto por hectárea en el rango dado, y así poder calcular la concentración del fungicida (kilogramos de cobre por estafión o gramos por litro). Con el equipo

correspondiente (tipo, implementos), y el método de aplicación dado, se mide el gasto de líquido en un cafetal determinado (densidad, tamaño), por medio de una prueba con 100 plantas. El gasto de líquido estará en un rango determinado que se deberá mantener; este rango está definido por el equipo y el modo de aplicación.

Así se puede controlar, si se han mantenido las recomendaciones hechas, en especial el método de aplicación, y por tanto, se puede garantizar el éxito.

4. Observaciones con respecto a la aplicación de fungicidas sistémicos

La aplicación de fungicidas sistémicos curativos contra la Roya es menos problemática que la aplicación de fungicidas preventivos.

- El diámetro de las gotas puede ser mayor, es inclusive recomendable usar gotas más grandes en la aplicación de medios sistémicos, para mejorar la penetración de la sustancia en la hoja.
- El depósito de las hojas no debe ser en el envés, ya que en las hojas se efectúa una traslocación.
- La penetración de la sustancia puede ser menor puesto que también puede efectuarse un transporte en el interior de la planta (de hoja a hoja). La intensidad depende del lugar de la aplicación, del medio y de su vía de transporte principal; xilema o floema.

En todo caso, han de realizarse aún ensayos (experimentos) con respecto al gasto de líquido (agente portador), pues hay poca experiencia para las condiciones existentes en Costa Rica.

— ★★★ —

III. PRUEBAS

DE EQUIPOS Y METODOS DE APLICACION EN LA LUCHA CONTRA LA ROYA EN COSTA RICA

1. Introducción

Para conocer la efectividad de la aplicación con los equipos disponibles en el país, bombas manuales y motorizadas de espalda, bombas estacionarias, bajo las condiciones existentes en Costa Rica y, de ser necesario, mejorarlas (modificación, técnica de aplicación), el Convenio Costarricense-Alemania, Dirección de Sanidad Vegetal dio inicio a pruebas que en el futuro se continuarán en colaboración con el Programa Cooperativo, Oficina del Café-MAG.

Los problemas de la aplicación manual relacionados con la siembra del café, típica del país, hacen necesaria una continuación de las pruebas para esclarecer las preguntas esenciales. Además, todas las pruebas han sido realizadas hasta ahora sin presencia de la Roya, lo que significa que las pruebas mejores deben ser repetidas y, de ser necesario, modificadas donde haya Roya presente.

Las características a examinar pueden ser agrupadas bajo los siguientes temas principales:

De la planta

- variedades y cultivares (Caturra, Catuaí, Mundo Novo)
- densidad de siembra (4.000 a 7.000 plantas por hectárea)
- manejo: poda, altura de poda (con y sin bandolas) número de ejes
- altura de la planta (edad de las ramas)
- nutrición

Del medio ambiente

- altitud
- microclima

- topografía
- fertilidad del suelo
- humedad del suelo

Del equipo de aplicación

- tipos de equipo (manual, motorizada, estacionaria, acoplada)
- implementos (boquilla, nebulizador, lanza, salida)
- gasto de líquido (litros de caldo por hectárea)

Como temas posteriores se agregan:

- intensidad de la infección a causa de la Roya
- intervalos de aplicación

Está claro que la combinación de todos los factores resulta en un programa muy amplio, aún cuando algunos resultados pueden ser empleados al responder a otras preguntas, sin necesidad de que sean repetidos.

De la problemática general en la aplicación en cultivos arboríferos, se tiene que un análisis e investigación científica de todos los factores influyentes producirá resultados claros y estadísticamente seguros (además de tomar años), pero que en su finura no podrán ser empleados para hacer recomendaciones prácticas. Deberán más bien ser reelaborados en forma de consejos para la aplicación de manera más general. Es por este motivo que inclusive la sola indicación de tendencias produce resultados utilizables: puede ser suficiente la delimitación entre 'mejor' o 'peor'.

Por ejemplo, en un cafetal tendrá:

- determinado equipo empleado de cierta manera, un efecto mejor que
- otro equipo empleado de igual forma o
- el mismo equipo y otra manera de utilizarlo.

Estas primeras tendencias, capaces ya de ser dadas como recomendaciones al cafetalero, se afinan y especifican en

ensayos ulteriores para cubrir la gama de diversos aspectos y poder así mejorar las recomendaciones.

Se recomienda sin embargo, que los ensayos subsecuentes sean elaborados de manera tal que los diferentes aspectos se trabajen y se agoten uno a uno (variación de sólo un factor influyente, p. ej.: la siembra, manteniendo todos los demás factores como nebulizador y métodos de aplicación) para obtener cuanto antes resultados evaluables.

El orden en que se consideren los factores influyentes debería ser determinado por las necesidades prácticas (p. ej.: hay más equipos manuales que bombas acopladas — de tractor). Tampoco es por ejemplo necesario, que se pruebe cada tipo de nebulizador en todos los cafetales posibles, si ya se encontró un nebulizador adecuado en las pruebas hechas en un cafetal determinado. Siempre existe una determinada guía que se puede usar para varios aspectos.

Por lo mismo, se recomienda limitarse a los factores más importantes, sin por eso olvidar que los resultados son correspondientemente limitados en la información que suministran.

2. Método de evaluación

Existen los más diversos métodos para comprobar la efectividad (tamaño de las gotas, penetración, estructura del depósito), de equipos para la protección de plantas en el campo:

— efecto biológico

el recuento de las manchas de Roya es, sin lugar a dudas, el mejor método para probar el efecto de un tratamiento, o sea, del combate contra la Roya.

Lleva sin embargo mucho trabajo (determinación del grado de infección y no produce resultados rápidos (pruebas a largo plazo) respecto a la efectividad de determinado equipo o método de aplicación.

Este método es por tanto inadecuado para la situación planteada (amenaza de la Roya), además de que no hay suficiente Roya en el país como para que se puedan efectuar las pruebas necesarias.

— fluorometría (por lo general, fotografía)

Con este método se obtienen cuadros de gotas adecuadamente reconocibles. Necesita de mucho trabajo y técnica por lo que es poco apropiada para investigaciones amplias, como son necesarias en este caso.

— papel sensible al agua (Ciba Geigy, Spraying Systems)

El papel sensible al agua produce también cuadros adecuados de gotas pero solamente se puede emplear en forma limitada en el ámbito húmedo tropical. Además sólo puede ser usado una vez y se conoce hasta ahora sensibilizado por una sola cara. Esto significa un gasto alto y constante de material, con los costos correspondientes.

— hoja plástica (HOLDER, BASF)

Los costos de adquisición de las láminas (véase página 44), resultan un poco más altos que en el caso del papel sensitivo y se necesita asimismo una suspensión (dada ya en los medios cupríferos) o un colorante para hacer visibles las gotas sobre las láminas negras.

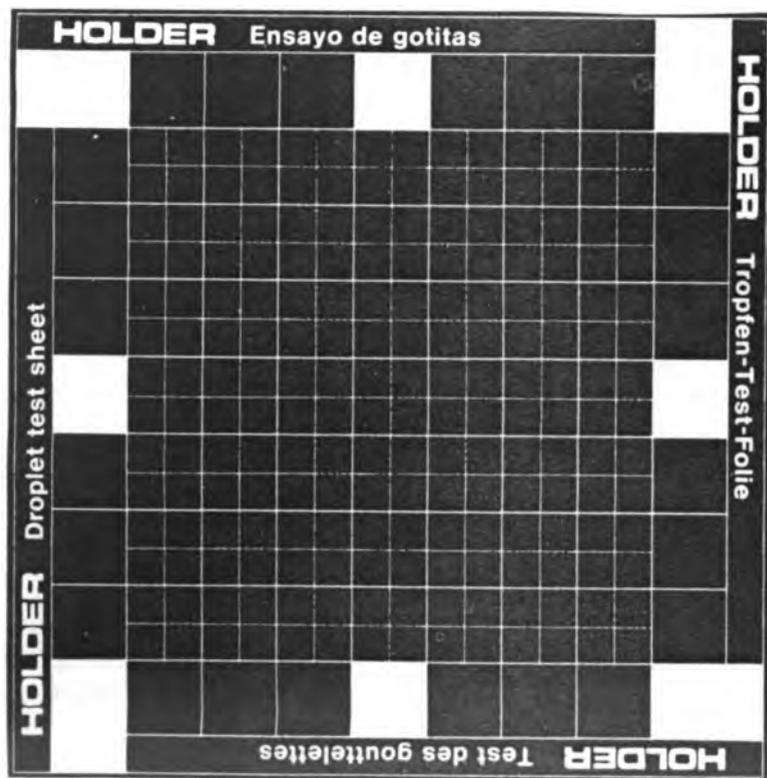
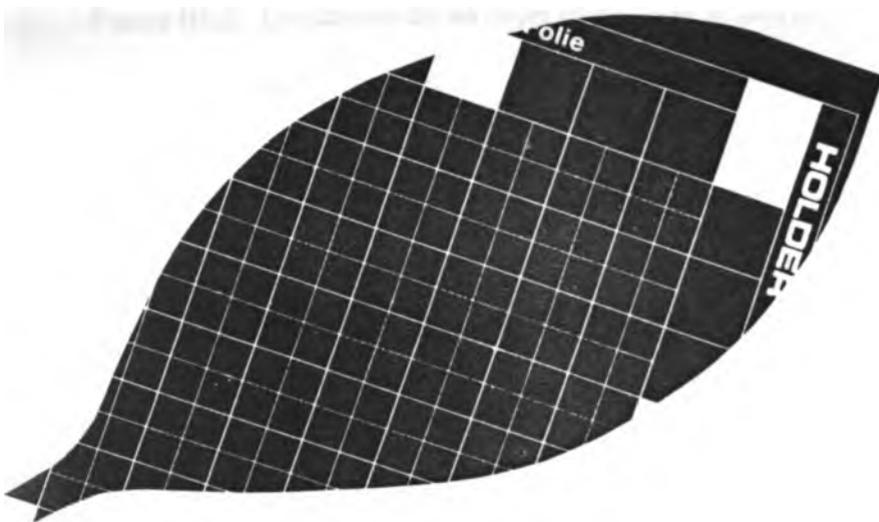
Para el trabajo en el campo, en el perímetro de prueba deseado, este sistema de comprobación resulta claramente ventajoso en relación con los otros métodos por lo siguiente:

— reutilización: costos bajos a largo plazo

— cuadrículas, de un centímetro cuadrado, que facilitan el recuento de las gotas

— cuadrícula bicolor, las caras anterior y posterior resultan fácilmente reconocibles.

Figura III.1: Hojas plásticas de HOLDER



Para registrar la efectividad se escogieron los parámetros:

- cobertura
- diámetro de las gotas
- número de gotas por cm^2

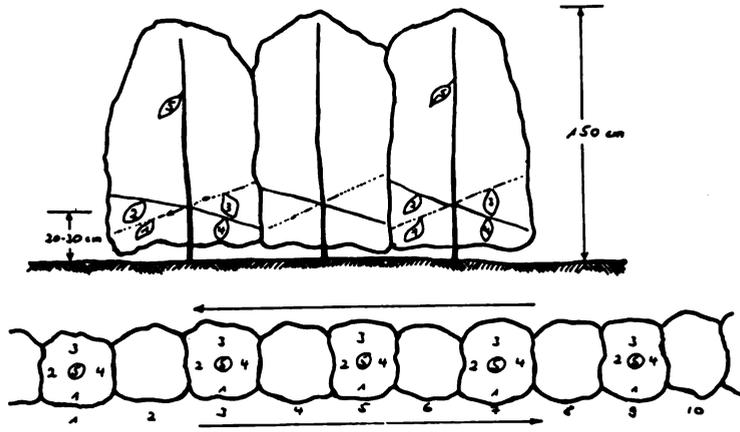
Con este fin se recortaron de las láminas HOLDER (DIN A4, 6 veces 10 cm^2) hojas de alrededor de 50 a 55 cm^2 (promedio de la superficie de una hoja de caturra de tres años). Se dispuso las hojas en la planta de manera que se pudiera responder óptimamente a las preguntas de penetración y estructura de depósito para la lucha contra la Roya. Por mata se fijaron, con prensas de ropa de color, cinco hojas de la siguiente manera (véase figura III.2):

- cuatro hojas en cruz en un plano en la parte inferior de la planta, (altura 150 cm) de 20 a 30 cm sobre el nivel del suelo, distancia media eje-exterior de la rama
- una hoja (la número cinco) en el centro de la zona superior de la mata
- la cara roja hacia adentro (corresponde al envés) y
- la cara amarilla hacia afuera (corresponde al haz) imitando la disposición natural de la hoja.

Se trataron en un surco diez cafetos por ambos lados. Se fijaron las hojas del modo descrito cada segunda planta, lo que representa 5 X 5 es decir 25 hojas por prueba para la evaluación. Las hojas se colgaron de la misma forma en cada planta, se numeraron y se evaluaron correspondientemente. Así resulta posible determinar además del valor promedio de las 25 hojas, también el efecto en un lugar determinado de la mata.

Fuera de los parámetros para el efecto se incluyeron datos de la siembra, el clima (empírico), equipo (boquilla, disco, presión, calibración), método de aplicación de modo que fuera posible un análisis lo más preciso posible de cada prueba. Las pruebas se efectuaron en su mayor parte en una finca en Sarchí y se ampliaron en un cafetal de CICAPE, Heredia.

Figura III.2: Colocación de las hojas plásticas en el cafeto



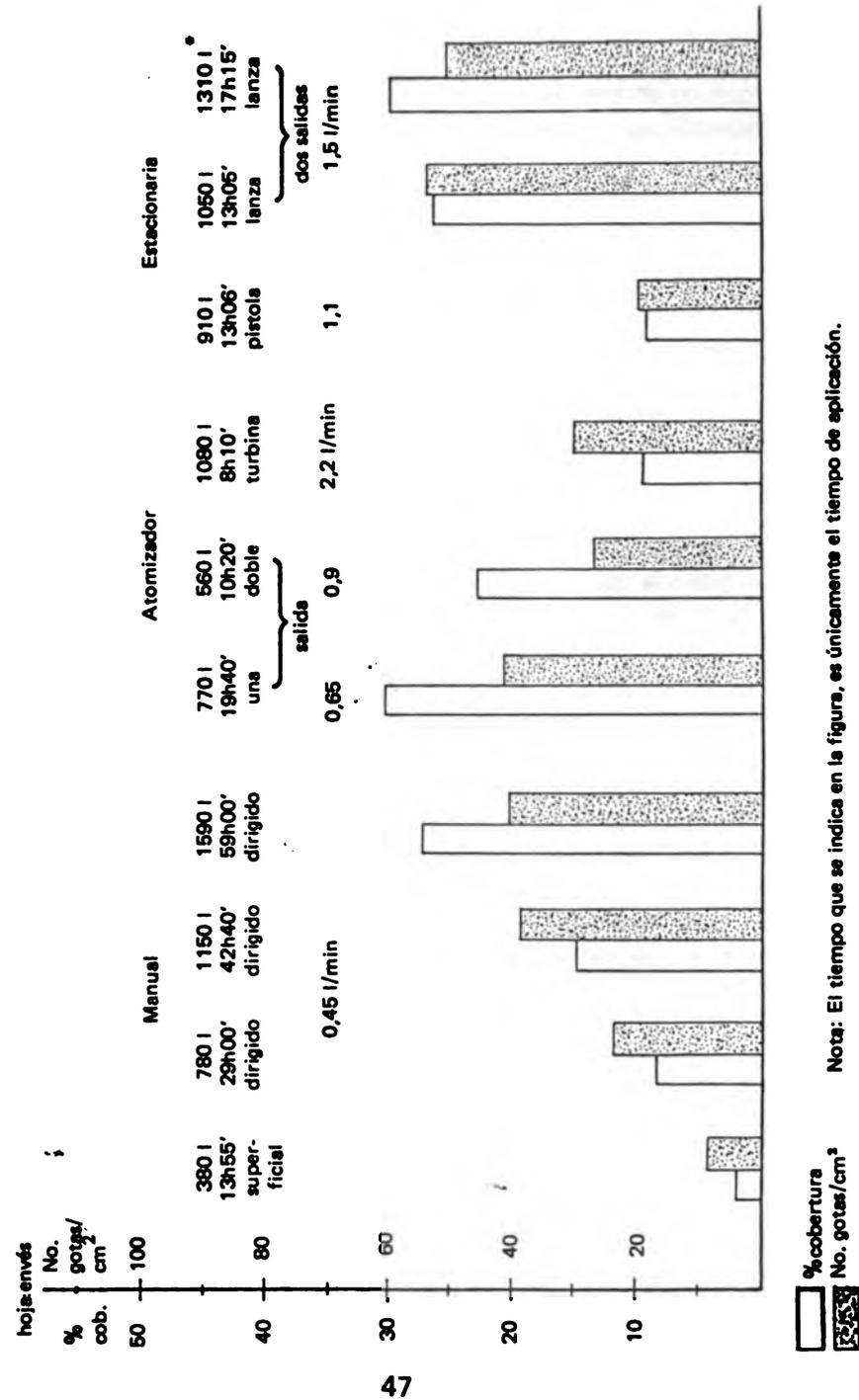
3. Resultados

Hasta fines de noviembre se realizaron en total 68 pruebas. La primera parte se dedicó principalmente a la comprobación de los diferentes tipos de equipo, esto es, de modificaciones de los tipos comunes en el mercado (boquillas, salidas, nebulizador, etc.).

En la segunda parte se consideró más el método de aplicación, usando los resultados de la primera parte. Casi todas las pruebas no habían sido determinadas con anterioridad en un programa sino que se fueron dando de los resultados ya obtenidos en la dirección del efecto deseado. Se hicieron sin embargo amplias pruebas en cuanto al rendimiento de los atomizadores (doble salida, rejilla).

Se mostró que, independientemente del tipo de equipo, debe ser producida una forma determinada de cortina, lo más amplia posible a partir de la salida (boquilla) y relativamente corta (1 a 2 m), (véase cap. II 3.3). Esto se logra por medio de la modificación correspondiente de la salida, la boquilla, el nebulizador y la presión.

Figura III.3: Efecto de cobertura y número de gotas por cm^2 en el envés con diferente equipo y método de aplicación (5 900 plantas/ha - 150 cm de altura y 7 100 plantas/ha - 200 cm de altura *).



Quedó también claro que además de la condición de la cortina, el tiempo de aplicación por planta representa otro factor importante, con su correspondiente gasto de líquido por mata. Con una duración menor por mata con la salida correspondiente resulta demasiado baja la cobertura; mientras que demasiado tiempo por mata (independiente de la variedad y el tamaño), aún suministrando suficiente cobertura, causa que las gotas se unan y se resbalen. Esto significa un menor efecto por hoja con un aumento en el consumo de caldo y desperdicio del medio y la correspondiente contaminación del suelo.

Lo que indica que:

- sólo la cortina citada produce la mejor distribución del mejor tamaño de gota con la cobertura correspondiente
- solamente un cierto lapso de tiempo por mata con la salida correspondiente garantiza el éxito.

Este lapso de tiempo depende del equipo utilizado y la planta que se esté tratando. El lapso de tiempo correspondiente por manzana o hectárea y el gasto de líquido se pueden calcular entonces fácilmente para el cafetal en cuestión.

La figura III.3 muestra los resultados más importantes.

El resumen de estos resultados forman la base de las recomendaciones en la parte cuarta.

— ★★ ★ —

IV. RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en los exámenes de equipo, llevados a cabo hasta la fecha (fin de noviembre), se obtienen las siguientes recomendaciones:

1. Equipo

Para lograr un efecto óptimo en la aplicación, es necesario seguir los requisitos desde el punto de vista técnico del equipo como se indica en la tabla IV. 1, tales como emplear las lanzas y salidas con sus respectivas boquillas, nebulizadores y rejillas, así como la presión y el número de revoluciones del motor (posición de aceleración) adecuadas, como lo indican las figuras IV.2, IV.3 y IV.4.

Los 'cuerpos' de las salidas 'Y' de las lanzas deberán de ser de bronce. Si hay de aluminio, deberán de ser cambiados lo más pronto. También con las salidas en el equipo SOLO, deberán de ser cambiadas lo más pronto por las doble salidas (véase figura IV.)

2. Técnica de aplicación (método)

Mediante el método de aplicación explicado en la figura IV.5, se logra de momento la mejor estructura de cobertura, penetración y el gasto de caldo óptimo.

En la figura IV.6 se hacen recomendaciones adicionales, del tratamiento de un cafetal para los diferentes equipos.

3. Calibración

La calibración exacta es otro punto necesario para llevar a cabo con éxito la aplicación, sobre todo desde el punto de vista económico en la aplicación de fungicidas, equipo y mano de obra.

Tabla IV.1: Recomendaciones para el Equipo

Para que el equipo pueda garantizar el mejor efecto posible, deberá estar equipado y graduado de la siguiente manera:

Equipo	Lanza/Tubo	Boquilla/Neblizador	Presión
Manual: CARPI Spray Mec JACTO PJH 8 000	lanza normal o acortada* una salida con inclinación hacia arriba	cuerpo 'Spraying Systems' D 1,5 o D 2, filtro 50 mesh neblizador Nr. 23, 2 huecos D 10 para Jacto	máx. presión posible según la bomba 75-90 lbs/p.
Estacionaria: CARPI P25 MINARELLI MC 15/82	lanza acortada doble salida con inclinación hacia arriba	cuerpo 'Spraying Systems' D 1,5 o D 2, Filtro 50 mesh neblizador Nr. 23, 2 huecos	CARPI: medio MINARELLI: 180-200 lbs/p. ambos medio aceleración
Atomizador radial: SOLO PORT 423 FOLGORE	tubo normal, doble salida o una salida	una salida con rejilla arriba doble salida con rejilla 'chorro ancho', apertura 2 de SOLO	máxima aceleración

* en cafetales muy tupidos se recomienda lanzas cortas.

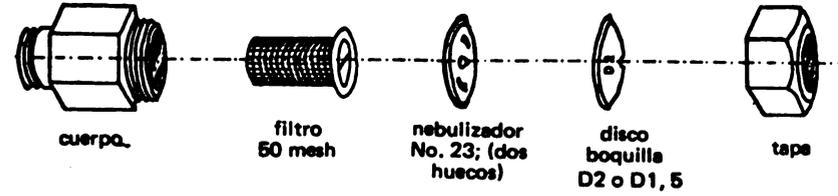
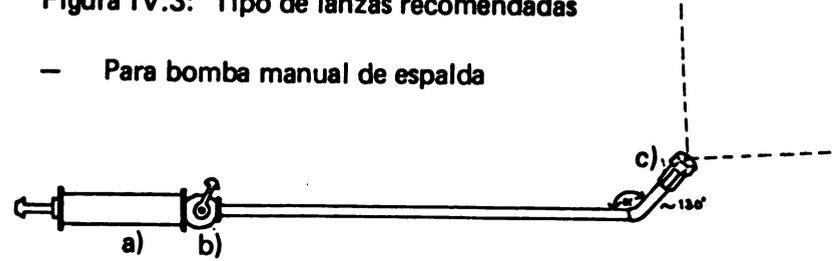
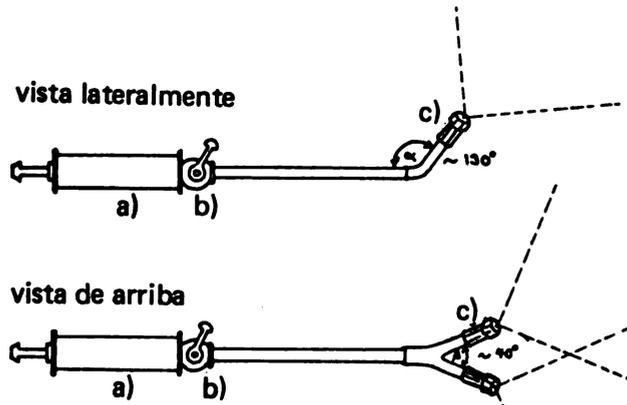


Figura IV.3: Tipo de lanzas recomendadas

— Para bomba manual de espalda



— para bomba estacionaria con manguera (acortada, para cafetales densos)



- a) tubo con filtro
- b) llave
- c) cuerpo 'Spraying Systems'

Figura IV. 4a: Doble salida de SOLO PORT 423, ajustado correcto

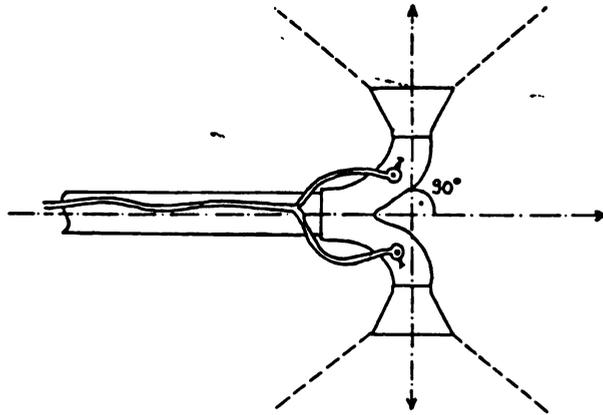


Figura IV. 4b: Salidas con rejillas existentes y rejillas deseable con chorros correspondientes.

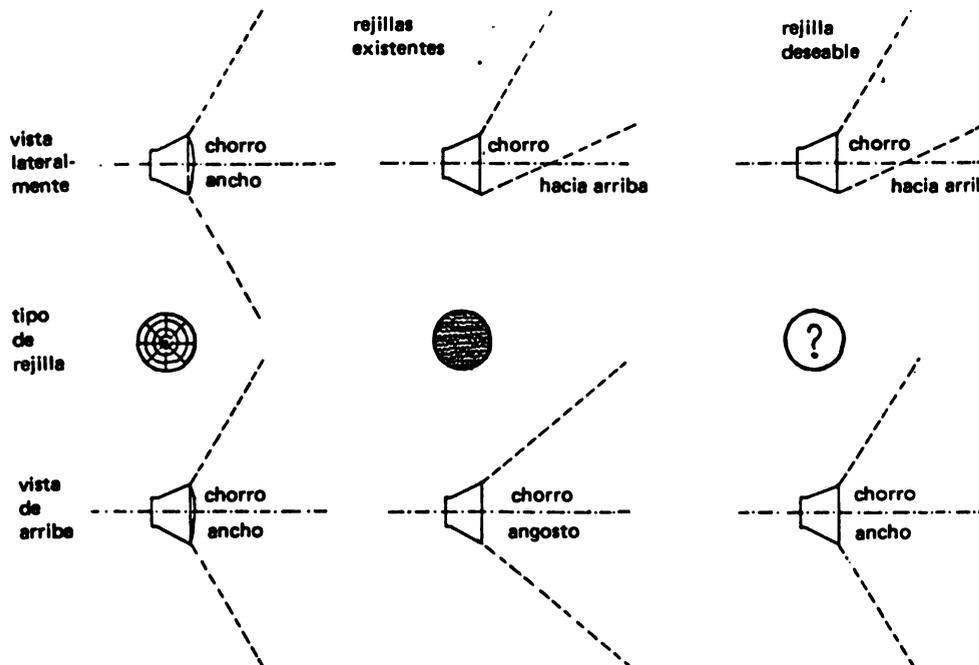


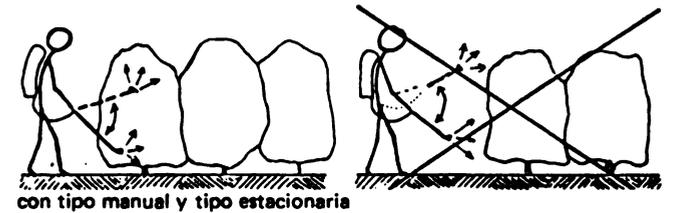
Figura IV.5: Modo de Aplicación

siempre aplica: DE ABAJO HACIA ARRIBA



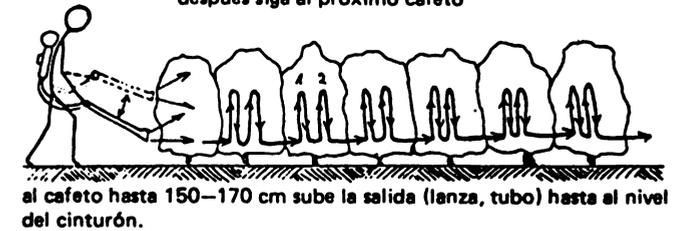
con el ángulo de las salidas hacia arriba (lanza o tubo)

siempre aplica: AGITANDO Y PENETRANDO dentro la mata

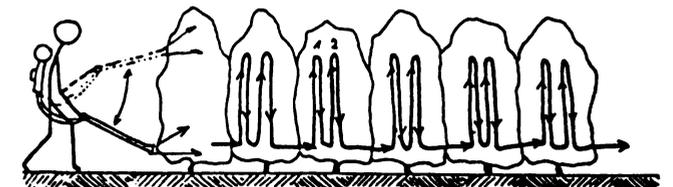


con tipo manual y tipo estacionaria

siempre aplica: con lanza 1 PASO CADA MATA (tipo estacionaria) o tubo 2 PASOS CADA MATA (tipo manual, motor) después siga al próximo cafeto



al cafeto hasta 150-170 cm sube la salida (lanza, tubo) hasta al nivel del cinturón.

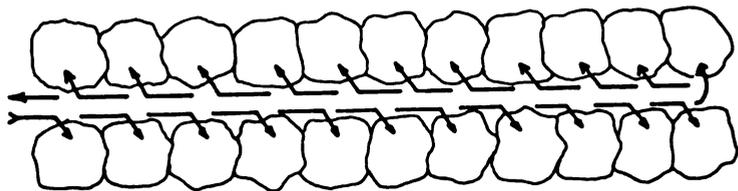


al cafeto de más de 170 cm sube la salida (lanza, tubo) hasta al nivel del hombro.

Figura IV.6: Recomendaciones para el tratamiento de un cafetal con diferentes equipos.

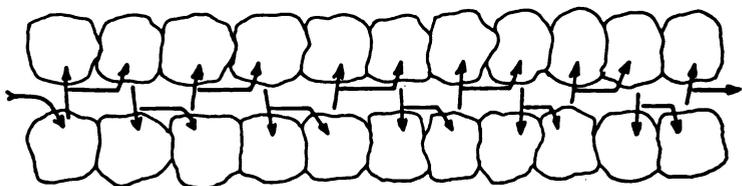
estacionarias (lanza con manguera)

aplicar una cara del surco, a lo que alcance la manguera y devolverse por la misma calle, aplicando al otro lado



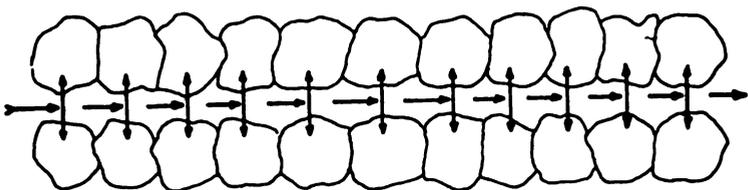
manual o motor; una salida

seguir caminando calle por calle, aplicando mata por mata a ambos lados por intercambio



motor; doble salida

seguir caminando por la calle aplicando simultáneamente las caras de ambos lados.



A continuación citaremos cada uno de los pasos a seguir, para obtener una buena calibración y por consiguiente lograr un buen tratamiento para el cafetal, contra la Roya.

1. Usar el equipo solamente con los dispositivos según las recomendaciones en tabla IV.1 (véase también figuras IV.2, IV.3, IV.4).
2. Atomizar uniformemente 100 cafetos de su cafetal, según las recomendaciones en las figuras IV.5 y IV.6.
3. Medir el líquido que gastó usted con su equipo.
4. Comparar el gasto con las recomendaciones en tabla IV. 2, observe el tamaño de la planta.
 - si el gasto está abajo del mínimo citado, revisar el gasto del equipo (l/min.) o aplicar más lentamente.
 - si el gasto está por encima del máximo citado, revisar el gasto del equipo (l/min.) o aplicar más rápidamente.
5. Calcular el número de plantas que tiene su cafetal por hectárea.

$$\frac{10.000 \text{ m}^2 (= 1 \text{ ha})}{\text{distancia entre surcos} \times \text{distancia entre plantas}} = \text{número de plantas/ha}$$

6. Calcular la cantidad (gasto) de líquido por hectárea.

$$\frac{\text{número de plantas/ha} \times \text{gasto de agua/100 plantas}}{100} = \text{cantidad de líquido/ha}$$

7. Preparar la concentración del caldo según la tabla IV. 3 (por litro, por tanque o por estación).

$$\frac{\text{gasto/100 plantas} \times \text{número de plantas/ha} \times \text{g/l}}{100} = \frac{\text{cantidad de gr de producto}}{\text{líquido/ha}}$$

8. Aplicar el caldo con la concentración correcta de la misma forma uniforme en su cafetal como lo recomendado.

Las tablas IV.2 y IV.3 facilitan el control sobre el proceso de calibración.

Tabla IV.2: Calibración de la aplicación (guía)

Equipo (boquilla)	l/min. appr.	Gasto/100 Plantas		Gasto/ha de 6 000 Plantas (ej.)	
		litros	minutos	litros	horas
		<150 cm	>150 cm	<150 cm	>150 cm
Manual:					
CARPI, D2	0,45	18(20)	25(27)	38(43)	54(58)
JACTO, D10	0,4	18(20)	25(27)	38(43)	54(58)
Atomizador:					
SOLO – una salida	0,7	12(14)	14(16)	18(22)	23(27)
– dos salidas	0,9	9(11)	12(14)	10(12)	14(16)
Estacionaria:					
D1,5	1,3	16(19)	21(24)	12(15)	16(19)
D2	1,5	19(22)	25(27)	12(15)	16(19)

Equipo y aplicación según Tabla IV.1 y Figura IV.2

<150 cm = cafetal con plantas menores de 150 cm de tamaño
<150 cm = cafetal con plantas mayores de 150 cm de tamaño

Los números son gastos mínimos y en paréntesis gastos máximos

Tabla IV.3: Guía sobre concentraciones de algunos productos preventivos para el combate de la Roya con diferentes equipos (a la base de 6 000 plantas por hectárea y las recomendaciones del Departamento de Café y Sanidad Vegetal, Ministerio de Agricultura y Ganadería (kg producto/ha).

PRODUCTOS	Manual		Atomizador		Estacionaria	
	litro	tanque de 15 ℓ	litro	tanque de 10 ℓ	litro	estafón de 200 ℓ
Hidróxidos	2,7	40 (1-1/3)*	4,7	47 (1-2/3)	2,7	540 (19)
Oxiduros	4,7	70 (2-1/2)	8,3	83 (3)	4,7	940 (33)
Cobre Sandoz	2,7	40 (1-1/3)	4,7	47 (1-2/3)	2,7	540 (19)
Copper Count-N	4,7	70 (2-1/2)	8,3	83 (3)	4,7	940 (33)

* números en paréntesis son onzas (aproximadas).

Anexo 1

LITERATURA CONSULTADA

CAMPOS, J. C.

Evaluación de equipos de aspersión en cafetales podados, con las modalidades de verticales múltiples y parras.
ISIC Boletín Técnico No. 10, 1983.

EHRlich, H.

Uso de pesticidas
Técnica y Mantenimiento del Equipo
Proyecto Dominico-Alemán de Protección Vegetal; 1979

GRÖNER, H.

Técnica de aplicación de productos fitosanitarios
BASF, Edición especial

HOLDER

Beratungsdienst Pflanzenschutztechnik, Faltblätter
GEBR. HOLDER Metzingen, BRD

JESKE, A.

Pflanzenschutztechnik
Akademie Verlag, Berlin 1978

MATTHEWS, G. A.

Pesticide Application Methods
Longman, London and New York 1979

MOSER, E.

Verfahrenstechnik Intensivkulturen.
Verlag Paul Parey 1984

NORDEN, J.

Spritztechnik in Pflanzenschutz und Düngung, Heft 20
Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup 1982

**CAMARA NACIONAL DE IMPORTADORES,
FABRICANTES Y DISTRIBUIDORES
DE INSUMOS AGROPECUARIOS**



TELEFONOS: 21-3322 Y 21-6491
APARTADO 691-2150 MORAVIA, SAN JOSE, COSTA RICA

Miembro Asociado a GIFAP
Agrupación Internacional de
Asociaciones Nacionales de
Fabricantes de Productos
Agroquímicos



**GUIA PARA EL MANEJO
SEGURO DE PESTICIDAS**



**CAMARA NACIONAL DE IMPORTADORES,
FABRICANTES Y DISTRIBUIDORES
DE INSUMOS AGROPECUARIOS**



PROGRAMA MANEJO SEGURO DE AGROQUIMICOS

INDICE

	Página
Introducción	1
1 Selección del pesticida	2
2 Compra, transporte y almacenaje	4
3 Formulaciones, envases, dosis y mezclas	10
4 Equipo de aplicación - uso, mantenimiento y reparación	17
5 Uso de pesticidas en el campo	20
6 Precauciones	22
7 Primeros auxilios	31
Apéndice 1	34
Apéndice 2	35
Glosario	36

Introducción

“Pesticidas” es el nombre generalmente utilizado para identificar el grupo de productos químicos para la agricultura que incluye principalmente insecticidas, fungicidas y herbicidas.

En todo el mundo el uso de pesticidas se está haciendo una creciente necesidad para una producción económica y consistente de las cosechas. Sin embargo, es una operación que requiere la debida consideración, de otro modo, podría ser peligrosa para el hombre o cosechas, así como ineficaz y nada económica.

Esta guía, que está dirigida directamente a los técnicos y consejeros agrícolas, investigadores, gerentes y agricultores en general; está diseñada para ayudarles a hacer del uso de los pesticidas algo seguro y valioso. En adición a este folleto, la Cámara de Insumos Agropecuarios imprimió un afiche, el cual está disponible para complementar pláticas y reuniones con agricultores; entrenar escuelas o sus similares y para colocar en tiendas, cooperativas, pueblos, lugares de reunión o donde estimule las actitudes razonables y seguras sobre los procedimientos a usar entre los agricultores y otros que utilizan pesticidas.

En esta guía, la palabra “debe” es utilizada para indicar las normas mínimas aceptables y la palabra “debería” y “se recomienda” indica prácticas probadas y buenas.

Al final de esta guía hay un glosario que define los términos usados en la misma.

1. Selección del pesticida

Identificación del problema — busque ayuda

Los usuarios de pesticidas deben identificar sus problemas de plagas y, si es necesario, buscar ayuda especializada de funcionarios o técnicos agrícolas, estaciones de investigación o compañías consultoras. Pueden haber circunstancias en que el uso de pesticidas no sea apropiado, tales como aquellas en que los métodos culturales o biológicos son más efectivos.

Información

Cuando el uso de pesticidas se considera necesario, debe obtenerse información sobre:

- Productos recomendados y dónde obtenerlos
- Dosis, mezclas, tiempo y frecuencia de aplicación
- Métodos de aplicación
- Precauciones que deben tomarse
- Costo por unidad de área.



Busque consejo sobre sus problemas de plagas y uso de pesticidas.

Capacitación

Cuando el uso de pesticidas se está introduciendo en un área por primera vez o cuando hay un cambio significativo de técnicas, la capacitación de los usuarios debe organizarse en cooperación con entidades oficiales, las propias casas comerciales y organizaciones agrícolas. Esta capacitación debe cubrir especialmente los temas anteriormente mencionados, con énfasis en su operación práctica por el usuario y tomando en cuenta su nivel educacional.

Además, para la capacitación de los usuarios que utilizan el pesticida por primera vez, los proveedores tienen la responsabilidad de asegurarse de que su personal y distribuidores estén adecuadamente informados y capacitados para dar consejos y demostraciones sobre el uso de pesticidas y los procedimientos seguros de manejo de los mismos.



Los usuarios deben ser capacitados.

2. Compra, transporte y almacenaje

Compra

Compre con tiempo

Para asegurarse de que todo esté listo al tiempo exacto de las aplicaciones, los distribuidores y usuarios deben asegurarse de que sus pedidos de pesticidas, equipos de aplicación y repuestos hayan sido ordenados y recogidos con la debida anticipación. Esto es particularmente importante en áreas remotas y donde el transporte puede ser retrasado por el mal tiempo.

Compre el producto correcto

Los compradores deben asegurarse de que el pesticida que compraron es el que les ha sido recomendado. Los pesticidas están claramente etiquetados por los fabricantes con su nombre comercial o código, así como el nombre común o químico.

No compre envases dañados

Los envases de pesticidas deben examinarse cuidadosamente antes de comprarlos y los compradores deben rechazar cualquier envase que esté dañado, roto, que tenga parches y/o cuyo sello haya sido forzado o que carezca de etiquetas originales.



Mantenga los pesticidas lejos de los pasajeros y comestibles.

Transporte

Obedezca las leyes y regulaciones

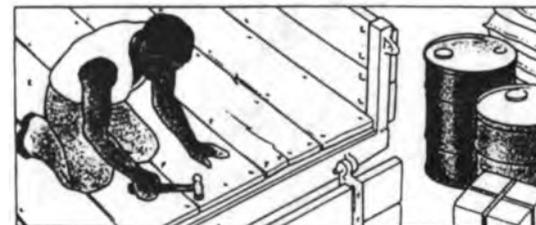
En Costa Rica, como en muchos países, el transporte de pesticidas está sujeto a leyes y regulaciones. El propósito es hacer dichas operaciones lo más seguras posible y tratar efectivamente los accidentes cuando ocurren. Donde no existen tales regulaciones, los procedimientos más razonables son los que siguen:

Mantener los pesticidas alejados de personas, ganado y viveres.

Siempre que sea posible, evite cargar pesticidas en vehículos que transporten personas, ganado, comestibles y otros materiales para el uso y consumo humano o animal. Si esto no puede evitarse, entonces separe los pesticidas tanto como sea posible de los pasajeros y el resto de la carga. Siempre limpie el vehículo después de descargarlo.

Cargue cuidadosamente

Cargue y descargue los envases de pesticidas cuidadosamente. Nunca los coloque debajo de otros artículos pesados que puedan dañarlos; tampoco permita que caigan desde lo alto. Los clavos salidos, tiras de metal y astillas de madera de las carrocerías de los vehículos pueden perforar los envases y causar derrames; para prevenir esto martillelos antes de cargar.



Martille los clavos y astillas antes de cargar.

2. Compra, transporte y almacenaje

Qué hacer con los derrames

Si ocurren derrames o fugas, siga las siguientes instrucciones:

- Mantenga alejadas a las personas y animales.
- No fume ni utilice objetos inflamables cerca del derramamiento.
- Remueva los envases dañados y colóquelos sobre terreno descubierto, lejos de viviendas, fuentes y suministros de agua o donde la tierra pueda absorber la fuga.
- Use tierra o aserrín para absorber los líquidos, barra cuidadosamente y entiérrelos en un lugar donde no haya posibilidad de contaminación de pozos y fuentes de agua.
- Lave cuidadosamente todas las partes contaminadas del vehículo, lejos de pozos y fuentes de agua.
- Use ropa protectora durante las operaciones de limpieza.

Mantenga a las personas y animales lejos; absorba el derrame con tierra o aserrín.



Lave las partes contaminadas del vehículo con agua.



Lave la piel y ropa contaminada.



Queme o entierre los comestibles contaminados.

Si alguna persona es contaminada:

- Quite y lave la ropa afectada.
- Lave completamente toda la piel contaminada, con abundante agua y jabón.
- Cuando sea necesario, acuda al médico.

Si los víveres se contaminaron:

- Entiérrelos profundamente en un hoyo o quémelos, si se facilita y las condiciones ofrecen seguridad.

LOS ALIMENTOS CONTAMINADOS NO DEBEN SER COMIDOS POR PERSONAS O ANIMALES. ESTO PODRÍA SER FATAL

Almacenamiento

No almacene pesticidas con comestibles o forrajes.

Los pesticidas son productos valiosos que pueden deteriorarse y llegar a ser inservibles y tal vez hasta peligrosos, si no son almacenados bajo condiciones apropiadas. Consulte la etiqueta como guía para ver las condiciones de almacenaje y evite, particularmente, las temperaturas extremas. Planee la compra cuidadosamente, para reducir el tiempo de almacenaje y evitar excedentes. Los pesticidas siempre deben ser almacenados cuidadosamente y en un lugar apropiado, para asegurarse de que estén lejos de niños y personas no autorizadas, animales, víveres y fuentes de agua.



Almacene los pesticidas separadamente

2. Compra, transporte y almacenaje

Obedezca las leyes y regulaciones

En países donde existen leyes y regulaciones concernientes al almacenaje de pesticidas, éstas deben ser cumplidas. Complementariamente, son procedimientos razonables, los que siguen:

Tiendas y almacenes pequeños

Almacene separadamente

Almacene los pesticidas separadamente, de preferencia en un edificio separado y ciérralo bajo llave, pero asegúrese de que estén lejos de comestibles y otros productos. No debe haber posibilidad alguna de contaminación. Además, se debe evitar que el envase del pesticida sea confundido con otro producto. Los recipientes de alimentos o bebidas nunca deben ser utilizados para almacenar pesticidas. Debe tenerse particular cuidado para que las semillas tratadas con pesticidas no sean utilizadas como alimentos.

Los herbicidas deben ser almacenados separadamente de otros pesticidas.

Daños

Inspeccione los paquetes regularmente para ver si hay señales de daño o derrames. Siguiendo el sistema "el primero que entra/el primero que sale", se reducen las posibilidades de daño, así como de deterioro. Elimine los envases dañados. Si el contenido está en buenas condiciones, puede ser reenvasado, pero únicamente en recipientes con las etiquetas originales y todo esto, bajo la responsabilidad del reempacador.



Mantenga los pesticidas fuera del alcance de los niños.

Material derramado e inservible debe ser incinerado en un área muy bien ventilada; alejada de personas, animales, viviendas y plantaciones o enterrado en forma segura y donde no hay posibilidad de contaminación de pozos y/o fuentes de agua. Los envases de herbicidas no deben ser quemados porque el humo puede causar daño a las plantaciones. Los envases de productos no inflamables deben ser lavados, punzados, aplastados y enterrados.

En la finca

- Nunca almacene pesticidas para uso de la finca, en lugares de habitación.
- Siempre manténgalos en sus envases originales.
- Almacénelos lejos del alcance de los niños, de preferencia, en un lugar separado, bajo llave y donde no puedan ser confundidos con comidas o bebidas.
- Manténgalos secos, pero lejos del fuego y de la luz directa del sol.

Bodegas

Guía sobre el almacenamiento en volumen de pesticidas, cubriendo aspectos tales como higiene y seguridad, recibo y despacho, acceso, colocación y separación de los productos, es proporcionada por GIFAP *

* Normas para la manipulación segura de pesticidas durante su formación, envasado, almacenamiento y transporte. GIFAP; Avenue Albert Lancaster 79^o 1180; Bruselas, Bélgica.

Formulaciones

Los pesticidas son formulados (en una forma tal que sea un producto utilizable) por los fabricantes, de tal forma que se llegue a optimizar la actividad y seguridad de cada pesticida y acomodarlo en las formas que se van a utilizar.

Existen diferentes tipos de formulaciones -líquidas y sólidas- algunas listas para usarse, otras que requieren ser diluidas, usualmente con agua, antes de su uso. Los más comunes se muestran en el apéndice No. 1 al final de esta publicación, el cual también proporciona indicaciones generales de los problemas asociados y peligros de los cuales los usuarios deben estar enterados.

No compre envases con el sello roto.



No reempaque pesticidas en otros envases.



Siempre lea la etiqueta y busque ayuda antes de usar un pesticida.

Envases

El envase varía de acuerdo al tipo de formulación; las propiedades químicas de los ingredientes; las cantidades a vender y las condiciones a que los envases estarán sujetos durante el transporte entre el fabricante y el usuario.

Todos los envases son seguramente sellados por el fabricante, para prevenir fugas o pérdidas y para que se pueda observar si el envase ha sido violado en alguna forma. Ejemplo de estos sellos son:

- Anillos plásticos removibles alrededor de las tapaderas de rosca.
- Sellos de metal prensado debajo de las tapaderas de rosca.
- Sellos de aluminio debajo de las tapaderas de marca.

Los compradores deben examinar cuidadosamente dichos sellos y deben rechazar cualquier envase en el cual el sello ha sido violado.

Empaque no autorizado

Cuando compre, seleccione el tamaño de los envases de acuerdo al área que va a ser tratada y evite comprar envases excesivamente grandes.

No convierta los envases de los fabricantes en cantidades más pequeñas; tampoco los reenvase para vender en botellas, bolsas o latas.

Instrucciones de uso

Las instrucciones básicas para el uso deben estar siempre disponibles en el idioma local, en la etiqueta de cada envase. Información adicional debe ser proporcionada en un folleto aparte - los compradores deben preguntar si tales folletos se encuentran disponibles y si lo están, deben mantenerse a la mano, para tenerlos como referencia durante el período de uso del pesticida.

SIEMPRE LEA LA ETIQUETA Y BUSQUE INSTRUCCIONES, antes de empezar a usar cualquier pesticida.

En particular chequee:

- ¿Se adapta el pesticida al propósito deseado?
- ¿Qué precauciones de seguridad deben tomarse en cuenta?
(Vea las páginas 22 a 30 para más detalles)

Dosis y mezclas

De acuerdo a las especificaciones de la etiqueta, seleccione la dosis e instrucciones de mezcla apropiadas para el área a ser tratada y el equipo de aplicación que se va a utilizar.

SIEMPRE DEBE AJUSTARSE A LAS DOSIS Y MEZCLAS RECOMENDADAS.

DOSIS MAS ALTAS NO PRODUCIRAN MEJORES EFECTOS.

DOSIS MAS BAJAS SERAN MENOS EFECTIVAS.

Los métodos adoptados para medir y preparar el pesticida variarán de acuerdo al producto y a la escala de uso.

Productos sólidos listos para usarse, tales como polvos y gránulos, pueden ser sacados del envase directamente a los recipientes del equipo de aplicación. Similarmente, los productos en ULV listos para usarse, pueden ser puestos directamente dentro de los equipos usados en la aplicación.

Los concentrados, que pueden ser fácilmente mezclados con agua, pueden ser medidos afuera y luego puestos directamente en los tanques del equipo de aplicación, parcialmente llenados con agua. Los polvos mojables se mezclan mejor, cuando se les agrega un poquito de agua antes de introducirlos al tanque. Luego el tanque debe llenarse con agua al nivel indicado y mezclarse bien.



Use las dosis recomendadas y utilice la ropa de protección indicada.



Mantenga alejados a los niños y animales.

No llene demasiado los tanques - podrían producirse derrames durante el uso. Si se está preparando líquido para asperjar, no prepare más de lo que va a utilizar durante el mismo día.

CUANDO MEZCLE Y MIDA, EL PROCEDIMIENTO ADECUADO ES:

1. Es esencial evitar la contaminación de la piel, por lo que debe usarse ropa protectora como se recomienda en la etiqueta del producto. Si se contamina la piel o la ropa, lávelas inmediatamente, usando abundante agua. Si la contaminación ha llegado a los ojos, estos deben lavarse aproximadamente durante diez minutos. Siempre lávese las manos después de usar pesticidas. Vea los procedimientos de primeros auxilios en las páginas 31-33.
2. No mida o mezcle pesticidas cerca de viviendas y corrales.
3. Mantenga alejados a los niños y animales.
4. Tenga cuidado de no contaminar fuentes de agua o pozos donde los animales suelen ir a beber agua.
5. Use el equipo adecuado.

• Para medir: — recipientes graduados para líquidos, cucharas para polvos. Cuando los medidores vienen junto con el envase del producto, úselos. **Nunca use las manos como cucharones.**



Use el equipo adecuado para medir y mezclar.



Nunca saque o mezcle pesticidas con las manos descubiertas.

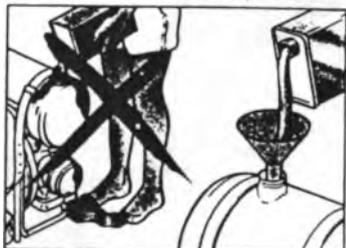
3. Formulaciones, envases, dosis y mezclas

- Cubeta o barril destapado y varilla (palo) o paleta para mezclar. **Nunca meta las manos y brazos en líquidos cuando esté mezclando.**
 - Embudos.
 - Filtros.
6. Use el agua más limpia posible, filtre las basuras.
 7. Vacíe los líquidos cuidadosamente para evitar derramamientos y salpicaduras - utilice embudo si es necesario. **Nunca succione ningún pesticida líquido con la boca y un tubo.**
 8. Maneje los polvos y polvos mojables cuidadosamente para evitar que se derramen y evite que el viento los disperse. Párese a favor del viento para que el polvo o las salpicaduras no lo alcancen.
 9. **Lave todo el equipo después de usarlo.** Vacíe el agua que utilizó para el lavado en la tierra, lejos de viviendas, pozos o fuentes de agua y cultivos. **Los recipientes usados para las mezclas y las medidas de los pesticidas no deben ser usados para ningún otro propósito.**
 10. Cierre los envases después de haberlos utilizado, para evitar derrames o contaminación y guárdelos seguramente. **Siempre mantenga los pesticidas en sus envases originales; no los transfiera a botellas de bebida o envases de alimentos.**

Lave todo el equipo después de usarlo.



Vierta los líquidos cuidadosamente para evitar derrames o salpicaduras.



Maneje los polvos con cuidado y párese a favor del viento.

11. Si ocurre un derramamiento del pesticida, proceda de la manera descrita en la página 6.
12. Pequeñas cantidades sobrantes de mezclas que ya no se van a utilizar deben ser vertidas en un hoyo en la tierra, lejos de viviendas, pozos o fuentes de agua y cultivos.

Desecho de envases

TODOS LOS ENVASES VACIOS DEBEN SER TRATADOS CON ESPECIAL CUIDADO:

Los procedimientos recomendados para el desecho son:

- Latas y tambores de metal: lávelos, perfórelos y entiérrelos. (Nota: no perforo las latas de aerosol).
- Plásticos: lávelos, perfórelos y entiérrelos o quémelos.
- Envases de cartón: quémelos.

No se pare cerca del humo que produce el fuego al quemar los envases y mantenga alejados a los niños. El incineramiento debe realizarse lejos de viviendas, corrales y cultivos.



No ponga pesticidas dentro de botellas de bebidas.



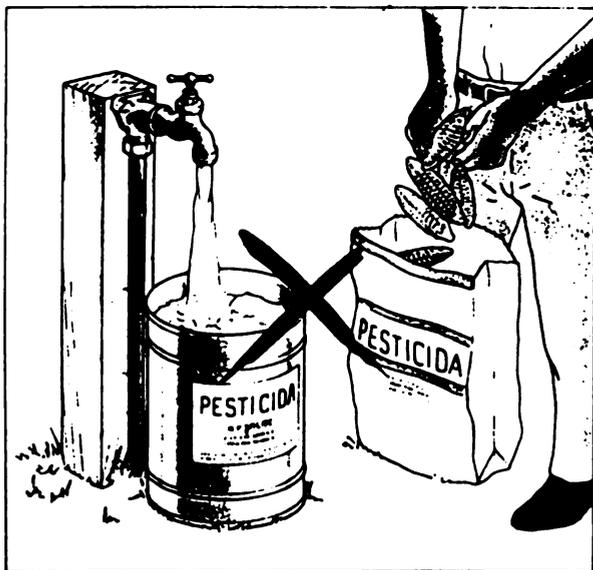
Queme o entierre los envases vacíos.

3. Formulaciones, envases, dosis y mezclas

Los envases de pesticidas no deben ser enjuagados o lavados en chorros, ríos o estanques. El agua usada para lavarlos debe ser enterrada en un hoyo, lejos de viviendas, pozos o fuentes de agua y cultivos.

Si el envase no puede ser desechado inmediatamente, enjuáguelo y guárdelo en un lugar seguro para prevenir robos o mal uso del mismo y manténgalo alejado de niños y animales.

NO UTILICE LOS ENVASES DE PESTICIDAS PARA GUARDAR AGUA Y ALIMENTOS PARA PERSONAS O ANIMALES, PORQUE ES MUY DIFÍCIL LOGRAR UNA LIMPIEZA ADECUADA. ES RESPONSABILIDAD DE TODOS EVITAR QUE ESTO OCURRA.



No utilice los envases vacíos de pesticidas para guardar agua y alimentos

4. Equipo de aplicación - uso, mantenimiento y reparación

El tipo de equipo de aplicación utilizado depende de la forma en la que se usa el pesticida - por ejemplo líquido, polvo o granulado - y también depende de la escala de operación.

ES RESPONSABILIDAD DE TODOS LOS INTERESADOS EN EL USO DE PESTICIDAS, ASEGURARSE DE QUE LAS PERSONAS INVOLUCRADAS EN LA APLICACION, TALES COMO LOS OPERADORES, APLICADORES Y SUS AYUDANTES, ESTEN DEBIDAMENTE CAPACITADOS PARA LOGRAR RESULTADOS BUENOS Y SEGUROS.

Los detalles de cualquier entrenamiento deben adecuarse a las situaciones y técnicas involucradas y deben cubrir adecuadamente los siguientes aspectos de la aplicación:

- Selección del equipo
- Chequeo del equipo
- Llenado
- Calibración
- Operación
- Limpieza y mantenimiento de repuestos
- Fallas
- Reparación - por el operador
por el mecánico



Los equipos de aplicación y repuestos deben estar disponibles con la debida anticipación.

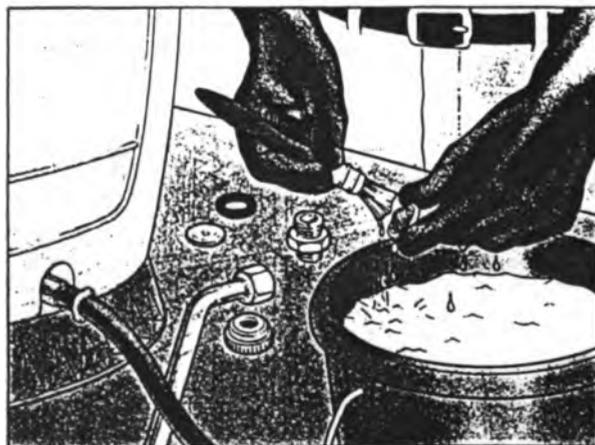
No es posible dar instrucciones detalladas acerca de la calibración completa del equipo de aplicación en este folleto, pero hay bastantes principios generales relacionados con el equipo portátil, que deben observarse para asegurar la efectividad y seguridad de los resultados obtenidos.

Distribuidores y Supervisores

Asegúrese de que una buena cantidad de rociadoras o equipos para espolvoreo estén en buenas condiciones y de contar con un surtido completo de repuestos disponibles antes de que la época de aplicación comience. Manuales de los fabricantes sobre la operación, reparación y repuestos deben estar disponibles para consultarlos.

Propietarios y operadores de equipo

- Limpie y chequee el equipo al final de cada día de trabajo. Ponga particular atención a la limpieza completa y total del equipo, si no va a usarse por algún tiempo - residuos de pesticidas pueden causar corrosión y obstrucción.



Limpie y chequee el equipo al final de cada día de trabajo.

4. Equipo de aplicación - uso, mantenimiento y reparación

- Lleve al campo los repuestos y herramientas indispensables y necesarias para hacer cualquier reparación rápida cuando sea factible ahí mismo, por ejemplo: tornillos, boquillas, abrazaderas para mangueras, baterías, tapones, desarmadores, llaves de tuercas y alicates.
- Cuando sea posible - y particularmente si un buen número de equipos está siendo utilizado en cuadrillas - lleve un equipo completo de repuesto al campo de aplicación, para ahorrar tiempo si alguno llegara a arruinarse.
- No use equipo agujereado - los derrames podrían causar contaminación de la piel y resultar en una pobre aplicación, además de causar daño al cultivo.
- No use equipo de mala calidad - puede ser peligroso. Una aplicación inadecuada o defectuosa, puede causar daño a la cosecha y ser un desperdicio de tiempo y dinero.



No utilice equipo agujereado o defectuoso.

5. Uso de pesticidas en el campo

Hay muchas técnicas de uso de un pesticida en el campo, dependiendo del cultivo, la plaga y el equipo a utilizarse. Estas técnicas deben ser enseñadas a los operadores en los programas locales de capacitación.

Sin embargo, hay varios principios básicos comunes a la mayoría de situaciones, lo cual permite a los usuarios obtener, tanto resultados más efectivos como protegerse a sí mismos, a otras personas y al ambiente. (Ver precauciones de operación en la página No. 27)

No permita que los niños apliquen pesticidas.



No aplique o espolvorée pesticidas en contra del viento.

- No aplique pesticidas sin el entrenamiento adecuado.
- No permita que los niños apliquen o estén expuestos a los pesticidas; manténgalos alejados de las áreas de aplicación.
- No permita la presencia de otros trabajadores en el campo durante la aplicación de pesticidas.
- Lea y siga las instrucciones de la etiqueta o pida consejo acerca de la dosis; técnicas; ropa protectora; intervalo de repetición de las aplicaciones; periodos de re-ingreso al campo tratado y el tiempo necesario para suspender las aplicaciones antes de la cosecha.
- Tome en cuenta las condiciones del tiempo, particularmente del viento, el cual puede arrastrar el pesticida. El viento puede hacer que el pesticida no sea eficaz, al desviarlo o arrastrarlo lejos del lugar de aplicación y esto puede ser peligroso si llega al operador; a otros cultivos aledaños; a fuentes de agua; a animales y casas. Algunos pesticidas pueden lavarse fácilmente con la lluvia y por lo tanto, necesitan un período sin lluvia después de la aplicación para que se puedan lograr resultados efectivos. La etiqueta del producto indicará esta situación.
- Mantenga alejadas de los cultivos recién tratados a las personas y animales.



No aplique pesticidas cuando vaya a llover o esté lloviendo.

Peligros

Los pesticidas pueden ser más peligrosos a través de su uso inadecuado. Los usuarios deben estar enterados y capacitados para entender los peligros potenciales de los diferentes productos y las precauciones que se deben tomar para evitarlos.

Aunque el principal objetivo debe ser disminuir la exposición de personas y animales domésticos, los usuarios deben saber también que es su responsabilidad evitar la contaminación del ambiente.



Los pesticidas pueden penetrar en el cuerpo humano de varias formas: A través de la piel, a través de la boca y al respirar.

Humanos

Hay tres maneras principales por las cuales los pesticidas pueden penetrar en el cuerpo humano:

- A través de la piel (absorción dermal)
- A través de la boca (ingestión oral)
- A través de la respiración (inhalación)

La causa más común de intoxicación con pesticidas es el Contacto por la piel. Esto no sólo puede ocurrir a través del rociado o derramamiento directo del pesticida en la piel, sino también a través del uso de ropa contaminada o por exposición continua durante la aspersión. Los productos químicos pasan rápidamente de la ropa a la piel y pueden penetrar aún, a través de la piel sana y sin lastimaduras, al cuerpo. **LOS OJOS, LA BOCA Y LAS PARTES GENITALES SON PARTICULARMENTE VULNERABLES. A MENUDO, LAS MANOS Y LOS BRAZOS ESTAN EXPUESTOS AL MANIPULAR EL PRODUCTO.**

En climas cálidos se debe tener especial cuidado, porque al sudar la absorción de la piel aumenta.

El ingreso del pesticida a través de la boca puede ser particularmente peligroso, pero las precauciones para prevenirlos son simples:

- No coma, beba o fume con las manos contaminadas con pesticidas. Siempre debe lavarse bien las manos después de manejar o usar pesticidas.
- No guarde pesticidas en botellas de bebidas o recipientes de comida. Guárdelos sólo en su envase original.
- No transporte o guarde pesticidas con productos alimenticios, para evitar la contaminación de estos.
- Mantenga los cebos para roedores y semillas tratadas con pesticidas lejos de los productos comestibles para evitar que se consuman accidentalmente.

La intoxicación por inhalación puede ser peligrosa, si se usan productos químicos volátiles en lugares cerrados o bajo condiciones calmadas de aire. Pocos rocíos y polvos son capaces de pasar por los conductos de aire de la nariz a los pulmones, pero es recomendable evitar respirar directamente en lugares donde hay aplicación de pesticidas.

Además, asegúrese de tener una buena ventilación cuando maneje pesticidas y de usar mascarillas cuando sea aconsejable; resultará de gran beneficio.

Animales domésticos

También los animales domésticos pueden intoxicarse por absorción a través de la piel, por comer alimentos y/o beber agua contaminada. Por lo tanto, ellos deben permanecer lejos de los lugares de aplicación de pesticidas y de las áreas recién tratadas con los mismos. El alimento de los animales debe almacenarse lejos de los pesticidas para evitar su contaminación.

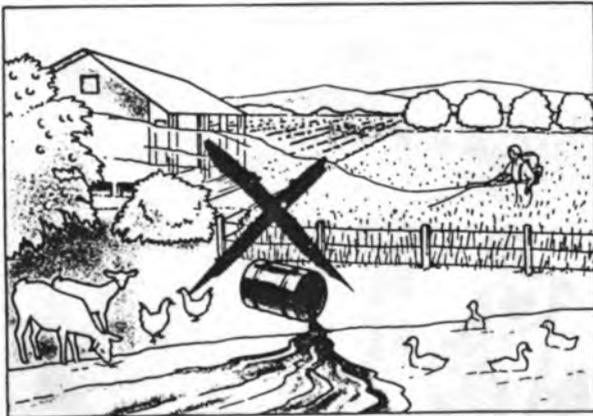
El ambiente

Dondequiera que un pesticida se esté usando, existe la posibilidad de que haya un accidente, el descuido o falta de información puede ser la causa para uno de ellos. Algunos ocurrirán fuera del cultivo o área que está siendo tratada. La resultante contaminación del ambiente puede ser un peligro para el hombre y la vida silvestre.

Entre las áreas que pueden estar en peligro, tenemos:

- Manantiales, ríos y lagunas.
- Tierra cultivadas, donde los cultivos sembrados o que se van a sembrar pueden ser contaminados.
- Tierras no cultivadas, donde habitan plantas y animales silvestres.

Las causas más comunes de tal contaminación son el derramamiento y fuga durante el transporte, almacenaje y aplicación; mala colocación de los envases y sobrantes de pesticidas; lavado de envases y equipo; una sobre - aplicación y aplicación de pesticidas cuando el viento está muy fuerte o cerca de áreas



No contamine el ambiente usando inadecuadamente los pesticidas.

susceptibles como corrientes naturales de agua. Las precauciones para prevenir tal contaminación son tratadas en varias partes de esta guía.

Niveles de peligro

Los pesticidas pueden usarse en forma segura, si se siguen estrictamente las instrucciones de la etiqueta y se efectúa una correcta aplicación. Las precauciones deben ir a la par del nivel de peligro - las etiquetas y folletos de los productos dan instrucciones al respecto.

SIEMPRE LEA LA ETIQUETA DEL PRODUCTO. SIGA SUS INSTRUCCIONES. LAS PRECAUCIONES ESTIPULADAS SON ESENCIALES.

Equipo protector

Con todos los pesticidas, los usuarios deben minimizar la contaminación. Para ayudar a prevenir la contaminación por la piel, la ropa especial debe ser guardada sólo para usarla durante la mezcla y aplicación.

Toda la ropa debe ser bien lavada cada día, después de su uso.



Use ropa que cubra el cuerpo tanto como sea posible.

6. Precauciones

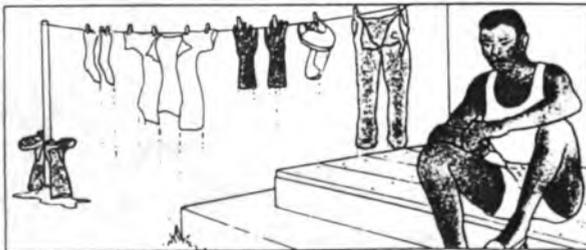
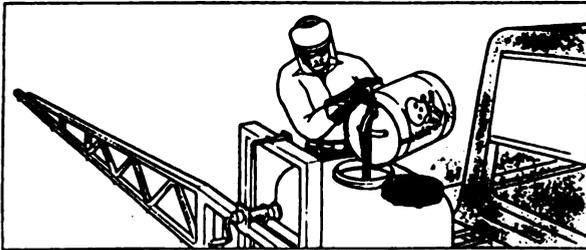
Aun cuando en la etiqueta del producto no se recomiende un tipo específico de ropa protectora, debe usarse ropa ligera que cubra el cuerpo tanto como sea posible.

Algunas veces la etiqueta del producto especifica el uso de ropa protectora adicional, aunque para la mayoría de pesticidas sólo se necesita el uso de guantes y anteojos. En pocos casos, la etiqueta puede especificar protección más amplia, como mascarillas. El uso y mantenimiento correctos del equipo especializado es esencial y debe ser objeto de capacitación especial y supervisión adecuada. Es importante asegurarse de que el suministro de repuestos de tal equipo esté siempre a la disposición.

El equipo protector es incómodo para trabajar, especialmente en climas tropicales y sub-tropicales. Por lo tanto, siempre que sea posible, hay que escoger pesticidas que no requieran precauciones complicadas. A veces es posible seleccionar un pesticida particular que no requiere precauciones muy rígidas.

La aplicación durante las horas frescas del día hacen más cómodo para los operadores el uso de ropa protectora y esto estimulará su uso.

Use correctamente el equipo protector recomendado.



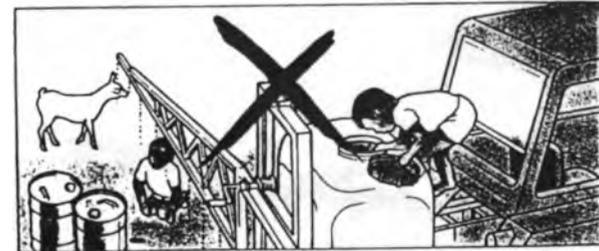
Lave toda la ropa y el equipo utilizado cada día después de usarlos.

Precauciones operacionales Técnicas seguras de aplicación

Para minimizar los riesgos de los operadores, de otras personas y del ambiente en general, se deben observar las siguientes medidas:

- No aplique pesticidas cuando haya viento fuerte.
- Aplíquelo de manera que el viento se lleve el pesticida lejos de los operadores, no hacia ellos.
- No destape los agujeros obstruidos del equipo soplando con la boca, destápelos y límpielos con agua o con un objeto blando, como el tallo de una planta.
- Mantenga alejadas a las personas y animales.
- Nunca deje los pesticidas y el equipo sin la atención debida.
- Nunca deje abiertos los recipientes que contienen pesticidas.
- Recoja los desechos, como envases vacíos, para colocarlos en un lugar seguro.

Si se tapan los agujeros del equipo, no trate de destaparlos soplando con la boca, destápelos y límpielos con agua y un objeto blando. Siempre utilice guantes para todas estas operaciones de limpieza.

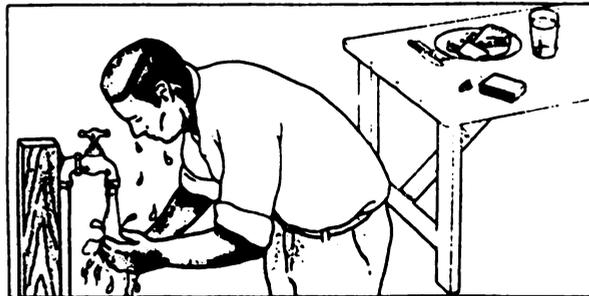


Nunca deje los pesticidas y el equipo sucio sin la atención debida.

Higiene

La higiene personal es de suma importancia para todos los involucrados en la aplicación de pesticidas. Los operadores deben:

- Lavarse las manos y cara antes de comer, beber o fumar.
- No comer, beber o fumar durante las aplicaciones.
- No tocarse la cara o la piel descubierta con las manos o los guantes sucios.
- Lavar los guantes (si se usaron) antes de quitárselos.
- Lavarse completamente después de trabajar y lavar la ropa de cada día.
- Asegurarse de que todas las precauciones de la etiqueta del producto se han observado.



Lávese las manos y la cara antes de comer, beber o fumar.

Re-ingreso a los cultivos tratados

Con algunos pesticidas debe haber un intervalo entre el tratamiento del cultivo y el re-ingreso al mismo. Esto permite que los residuos disminuyan a un nivel aceptable y previene el riesgo de contaminación al trabajar o caminar a través del cultivo tratado.

Cuando existen tales riesgos, la etiqueta del producto establece los períodos mínimos que deben guardarse antes de volver a entrar a los campos tratados. Estos períodos deben ser observados estrictamente y aun cuando no se dé ninguna precaución, se recomienda esperar un mínimo de 24 horas después de la última aplicación. Los períodos de re-ingreso especificados para los humanos, también se aplican a los animales domésticos.



Obedezca las instrucciones de la etiqueta para entrar a los cultivos tratados.

6. Precauciones

Antes de la cosecha

Quando sea necesario, la etiqueta del producto especificará el período que debe transcurrir entre el último tratamiento y la cosecha del cultivo. Este período debe ser observado estrictamente para asegurarse de que los residuos del pesticida estén dentro de los límites aceptables.

Disposición de desechos

Después de la aplicación de cualquier pesticida, el área de operación debe ser limpiada de cualquier desecho o envase del producto y el equipo debe vaciarse y limpiarse.

Las sustancias Concentradas deben guardarse en su envase original, bien sellado y almacenado en un lugar seguro.

Sobrante de la mezcla

Calcule sus operaciones de manera que no quede ningún sobrante al final del día. Sin embargo, si sobra algo, debido a circunstancias imprevistas, ese sobrante debe usarse el día siguiente, a menos que la etiqueta del producto recomiende lo contrario. Cuando esto no sea posible, los pequeños sobrantes pueden usarse repitiendo la aplicación al cultivo.

7. Primeros auxilios

Es esencial actuar con rapidez en el tratamiento de cualquier contaminación para prevenir una intoxicación, especialmente cuando la persona ha sido expuesta a un pesticida con alto grado de toxicidad, tal el caso de aquellos que tienen una calavera en la etiqueta. En tales casos llame al médico inmediatamente o lleve al paciente al hospital lo más pronto posible y muestre la etiqueta del pesticida. Los primeros auxilios que se dan en los siguientes párrafos, son los que se pueden aplicar en el campo para el tratamiento de una irritación o casos leves de intoxicación. También se mencionan los pasos que deben seguirse antes de que el médico atienda al paciente o el paciente sea llevado al hospital.

Principios Generales

Es más fácil prevenir una intoxicación que tratarla, por eso maneje los pesticidas cuidadosamente.

Una persona se puede enfermar por causas naturales cuando está manejando pesticidas y es importante indicar que ha tenido contacto con un pesticida antes de que se le dé el tratamiento. Un tratamiento equivocado puede empeorar la situación del paciente.

Manteniendo al paciente quieto y cómodo y obteniendo atención médica inmediata, le dará al paciente la oportunidad de recuperarse.

Si hay asfixia, proporcione respiración artificial inmediatamente.

Algunos pesticidas tienen antídotos. Si hay un antídoto, la etiqueta indicará su uso. Los antídotos deben ser usados sólo por personas competentes.



Si hay asfixia, proporcione respiración artificial inmediatamente.

Nunca administre alcohol o leche cuando se sospeche que hay intoxicación.

Síntomas de intoxicación -

Primeros auxilios

Los síntomas pueden ser de fácil identificación - por ejemplo: irritación de la nariz, garganta, piel u ojos - o pueden ser más generales. Es decir, los primeros auxilios adecuados dependen de la medida en que el paciente ha sido expuesto al pesticida.

Ingestión oral

Aunque la ingestión accidental de un pesticida ocurre con menos frecuencia que la exposición por otras formas, cuando esto ocurre, presenta un gran riesgo. A menudo es acompañado de vómitos, dolores abdominales y diarrea -síntomas que se presentan con la mayoría de productos químicos. La persona que haya ingerido un pesticida debe ser atendida por un médico rápidamente, ya sea en el lugar donde se encuentra o en un hospital. Mientras tanto, mantenga al paciente en calma, cómodo y protéjalo del frío y del calor. Administre atropicarbón, si es posible.

HAY QUE DAR PRIORIDAD A LA BUSQUEDA DE ATENCION MEDICA TAN PRONTO COMO SEA POSIBLE Y DAR LA ETIQUETA DEL ENVASE DEL PRODUCTO.



Obtenga atención médica tan pronto como sea posible y muestre la etiqueta

7. Primeros Auxilios

INHALACION

Esto puede ocurrir cuando se trabaja en áreas cerradas.

Cuando se sospecha que hay intoxicación, aunque sea leve, se aconseja:

- Alejar al paciente del lugar del trabajo.
- Aflojele la ropa que tenga alrededor de la garganta y el pecho.

La absorción de un pesticida por inhalación tiene síntomas similares a los de la ingestión oral y exposición dermal.

DERMAL

Muchos pesticidas pueden irritar la piel y algunos, penetrar rápidamente.

Lave los residuos del pesticida inmediatamente, de preferencia con agua y jabón o al menos con agua limpia. Quite la ropa contaminada inmediatamente y lávese la piel que ésta cubría

Si la piel se ampolla y como consecuencia se rompe, aplíquese cremas para aliviar el dolor.

Si el producto químico penetra rápidamente en la piel, es posible que, al igual que con la inhalación, los síntomas sean similares a los de la ingestión oral.

OCULAR

En caso de que los pesticidas hayan entrado en los ojos, lávese los ojos completamente con agua limpia y fría por espacio de 10 minutos. Cuando la irritación del ojo sea severa, acuda al médico.



Quite la ropa contaminada inmediatamente y lávese la piel.



Lave los residuos de pesticidas que hayan penetrado en los ojos con agua limpia durante 10 minutos

APENDICE 1

Principales tipos de formulación de pesticidas - Sólidos

ESTADO FÍSICO	COMO APLICARLO	DILUYENTE	TIPO DE FORMULACION	PROBLEMAS, PELIGROS
Sólidos	No diluidos		Polvo	El operador expuesto al concentrado
			Gránulos	
			Fumigante	
	Diluidos	Salvado, harina, otros materiales inertes	Cebo concentrado	Polvo que se genera en el manejo del concentrado.
			Polvo mojable	
		Agua	Grano soluble dispersable	
				Flota fácilmente en el aire. Riesgo de inhalación. Mínima exposición para el operador que usa equipo especial de aspersión. Riesgo de inhalación. No confunda un cebo con un comestible. El mezclador necesita más protección que el operador. Gotas grandes, flujo moderado.

APENDICE 2

Principales tipos de formulación de pesticidas - Líquidos

ESTADO FÍSICO	COMO APLICARLO	DILUYENTE	TIPO DE FORMULACION	PROBLEMAS, PELIGROS
Líquidos	No diluidos		ULV (volumen ultra-bajo)	El operador expuesto al concentrado
			Aerosol	
	Diluidos	Agua	EC (emulsión concentrada)	Las salpicaduras se adhieren a la ropa y la piel
			SC (Suspensión concentrada)	
	Acetate	ULV y LV		El operador está expuesto a toda la concentración y al riesgo de inhalación del spray que queda en el ambiente. Riesgo de inhalación. El mezclador necesita más protección que el operador. El mezclador y el operador aún están expuestos a una alta concentración y al riesgo de inhalación del spray que queda en el ambiente.

GLOSARIO

Antídoto:	Medicamento que se da para contrarrestar una intoxicación.
Calavera:	Un símbolo de peligro reconocido internacionalmente, el cual se coloca en los envases de los pesticidas que son altamente tóxicos.
Calibración:	(De equipo de aplicación) Medición y ajuste del equipo de aplicación para obtener dosis exactas de pesticidas.
Cebo:	Mezcla de un pesticida y un comestible (por ejemplo: un roenticida con un grano).
Concentrados:	Los pesticidas se venden generalmente en forma de concentrados, en la mayoría de los casos estos requieren ser diluidos antes de usarse. "Emulsificable" concentrado que después de ser diluido se convierte en emulsión, "suspensión" concentrado que se convierte en suspensión.
Contaminación:	La presencia indeseable de residuos de pesticidas en el aire, cuerpo, etc.
Dilución:	Agregarle agua (usualmente) a un pesticida para reducir su concentración antes de usarlo.
Dosis:	La cantidad de pesticida que se recomienda usar en un área determinada de cultivo, ésta es expresada en litros o kilogramos por hectárea. A menudo, también la cantidad en que debe diluirse está indicada - por ejemplo: un kilogramo en 100 litros de agua por hectárea.
Intervalo Pre-Cosecha:	El período que debe transcurrir entre la aplicación de un pesticida y la cosecha de un cultivo, para asegurarse de que los residuos del pesticida en el cultivo están dentro de los límites aceptables.
Mezcla de Aspersión:	Concentrado de pesticida diluido en agua o, algunas veces, en aceite, el cual se usa para rociar los cultivos.

Período de Re-Ingreso:

El tiempo que debe transcurrir después de un tratamiento con pesticidas en un cultivo, antes de que sea recomendable que las personas entren nuevamente a él.

Ropa Protectora

Ropa seleccionada y diseñada para proteger de la contaminación a quien la usa; debe usarse como se recomienda cuando se manejen, mezclen o apliquen pesticidas.

U L V:

Productos que se aplican generalmente sin diluirse, con equipo especial.

Volátil:

Producto químico que se evapora fácilmente, aun a bajas temperaturas.

GLOSARIO

* **ADAPTACIÓN.** La capacidad de un individuo o grupo de ellos para vivir y desarrollarse en un hábitat determinado. El resultado de la selección natural o artificial.

* **ALELO (ALELÓMORFO).** Cada una de las formas alternativas de un gene que se halla en el mismo locus en cromosomas homólogos. Ej.: En muchos organismos hay un gene que produce albinismo. Este es generalmente recesivo al gene de pigmentación normal, que es el alelomorfo dominante de albinismo.

* **ALELOS (ALELÓMORFO) MÚLTIPLES.** Son los genes que tienen más de dos formas alternativas en el mismo locus. Dos miembros cualesquiera de una serie de alelomorfos múltiples pueden formar un par alelomórfico entre sí, un individuo con el número diploide de cromosomas sólo puede llevar un par de cualquier serie de alelos múltiples.

* **ALOGAMIA.** Fecundación cruzada (Ver Autogamia). En las plantas, el polen que fecunda los óvulos proviene de otro individuo.

* **ALOPOLIPLOIDE.** (1) Es un poliploide que tiene genomas (juegos de cromosomas) de diferentes orígenes (tales como diferentes especies). (2) Un poliploide cuyos cromosomas generalmente no forman grupos múltiples en la meiosis sino que aparean hasta donde lo permiten sus homólogos. (Véase Autopoliploide).

* **ANEUPLOIDE.** Es un organismo que tiene un complemento cromosómico o un número mayor o menor de cromosomas del correspondiente al número euploide exacto. Ejemplo: Un trisómico ($2n + 1$) un monosómico ($2n - 1$).

* **APAREAMIENTO AL AZAR.** (Ver Alogamia). El que permite la reproducción sexual de individuos alógamos sin que un individuo tenga mayores probabilidades de cruzarse con otro que las que determina la distribución de la población al

* **APAREAMIENTO DE LOS CROMOSOMAS.** La posición que toman los cromosomas homólogos uno junto de otro en la profase de la meiosis.

* **APOGAMIA.** Propagación asexual a través de un embrión originado en células vegetativas como las antipodas o sinérgidas o células del núcleo o de los tegumentos. Es pues, una forma de apomixis y casi sinónimo de agamosperma. El desarrollo de un esporofito directamente del tejido vegetativo del gametofito.

* **APOMIXIS.** Reproducción en la que no interviene la fecundación.

* **APTITUD COMBINATORIA.** El comportamiento relativo de las líneas o variedades usadas como progenitores. Tal comportamiento se evalúa por la capacidad de rendimiento del híbrido resultante de cada cruce con respecto a variedades de polinización libre o a otras líneas. La aptitud combinatoria general se mide por el promedio de rendimiento de una línea apareada con varias otras. La aptitud combinatoria específica se mide por el rendimiento de un híbrido determinado y se refiere a sus dos progenitores exclusivamente.

* **ASEXUAL.** La forma de reproducción en la cual no intervienen células germinales o fusión de núcleos.

* **AUTOESTERILIDAD, AUTOESTÉRIL.** Caso en el que un organismo que produce gametos de ambos

* **AUTOPOLIPLOIDE.** Es un poliploide en el que los juegos múltiples de cromosomas se han derivado de un mismo origen filogenético.

* **AUTOGAMIA, AUTOFECUNDACIÓN.** La fecundación de los óvulos de una planta con polen de la misma planta.

* **BARRERAS EXTERNAS.** Caracteres estructurales o fisiológicos que impiden la fecundación entre especies distintas o la hacen muy poco frecuente.

BARRERAS INTERNAS. Condiciones de desequilibrio orgánico o fisiológico que impiden el desarrollo de un híbrido, lo hacen incapaz de vivir o reducen su capacidad de reproducción.

BIOLOGIA FLORAL. Funcionamiento de la flor desde el punto de vista de la reproducción. Factores morfológicos, genéticos y fisiológicos que, en combinación con el medio determinan la forma de polinización.

BIOTIPO. Todos los individuos que tienen el mismo genotipo. En las plantas autofecundadas todos los hijos de una sola planta. En las plantas alógamas una sola planta. Los individuos del mismo clon.

BISEXUAL. Con los dos sexos en individuos separados, sinónimo de dioico.

BIVALENTE. Se refiere a los cro-

CARÁCTER. Es un término que se usa para designar cualquier forma, función o rasgo de un organismo. Los caracteres mendelianos de la genética representan el producto final de la acción de un gene o genes definidos.

CARÁCTER ADQUIRIDO. Es una modificación de la estructura o reacción de un organismo causada por la influencia del medio ecológico o del entrenamiento durante su desarrollo. No es heredable.

CARÁCTER CUALITATIVO, CARÁCTER OLIGOGÉNICO. El que presenta una herencia discontinua, cuyos diferentes fenotipos pueden reconocerse sin necesidad de medirlos. Generalmente poco modificable por factores ecológicos.

CARÁCTER CUANTITATIVO. Aquel en que la clasificación de los fenotipos requiere determinarse mediante alguna forma de medida. La variación es continua en combinación con la influencia ecológica y sigue la curva de distribución normal. Teóricamente al hacer abstracción de los factores ecológicos, la variación causada por los factores cuantitativos sigue una distribución binomial en la que el exponente es el número de poligenes que determinan el carácter.

CARÁCTER POLIGÉNICO. Aquel cuya herencia está determinada por muchos genes, cada uno de los cuales tiene una influencia pequeña en relación con el efecto de los factores ecológicos (Ver Carácter Cuantitativo).

CARIOTIPO. El total de los cromosomas característicos de un individuo. Es decir, el complemento cromosómico diploide de un individuo. Haplocariotipo es el de la fase haploide.

CÉLULA GERMINAL. Es una célula capaz de reproducirse, o de participar en la reproducción, en contraste con las células somáticas o del cuerpo, que no están especializadas para la reproducción sexual. Más estrictamente, una célula reproductora que ha pasado, que pasará, o cuyos descendientes (células) pasarán por la ovogénesis o espermatogénesis.

CIGOTE. La célula que se origina de la fusión de dos células sexuales. Por extensión el individuo derivado de ella.

CIGOTE. La célula que resulta de la unión de otras dos células (gametos) en la reproducción. También el individuo que inicia su desarrollo de esta célula combinada.

CITOPLASMA. Es la parte del

CITOPLÁSMATICO. Que pertenece a la parte del protoplasma fuera del núcleo. Se dice de la herencia que depende del citoplasma o de los corpúsculos que se hallan en él.

CLEISTOGAMIA. Polinización y fecundación dentro de una flor aún cerrada. Caso extremo de autogamia.

CLON. Un grupo de individuos que pueden reconocerse como descendientes de un solo cigote a través de reproducciones asexuales (incluyendo partenogénesis cuando no va acompañada de segregación genotípica). En general se supone que tales individuos llevan genotipos idénticos. Sin embargo, puede presentarse variación por mutaciones o distribución desigual de los cromosomas en la reproducción vegetativa.

CONGÉNITO. Cualquier carácter hereditario. Se aplica particularmente a enfermedades del tipo de la hemofilia y la miopía.

CONJUGACIÓN. La asociación de cromosomas homólogos uno al lado del otro como sucede en la división reductora.

COPULACIÓN (FASE DE). Cuando en una generación segregante los dos genes dominantes de dos alelos situados en un mismo cromosoma provienen de un progenitor y los recesivos del otro progenitor, se dice que tales factores se hallan en copulación.

CRÓMOSOMAS. Cuerpos pequeños que se colorean intensamente, visibles en el núcleo bajo el microscopio durante la división celular. El

"CROSSING-OVER". Entrecruzamiento.

CRUZA, CRUZAMIENTO. Sinónimos de híbrido, hibridación.

CRUZA REGRESIVA O RETRO-CRUZA. El apareamiento de un híbrido F-uno con uno de sus propios progenitores.

DEPRESIÓN ENDOGAMICA. Pérdida de vitalidad y vigor que resulta de la endogamia en las plantas algamas. Se atribuye su origen a la reunión de genes recesivos subvitales o al desequilibrio de un sistema poligénico.

DESVIACIÓN TÍPICA. (Designada con el símbolo sigma). Es una constante estadística que se usa como medida de dispersión, en una distribución normal. Es la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de las desviaciones individuales respecto a la media de la serie. El error probable o desviación probable de una distribución normal es igual a 0.6745 sigma. Una amplitud de variación de dos veces el error probable, centrada en la media, incluiría 50 por ciento de todas las observaciones de la misma serie.

DIFERENCIACIÓN. El desarrollo de diferentes clases de células y tejidos a partir de un material original de constitución uniforme (meristemas de las plantas).

DIMORFISMO. La aparición de dos formas genotípicas diferentes dentro de una especie.

DIOICA. Se dice de las plantas cuyos dos sexos se desarrollan en individuos diferentes (bisexual).

DIPLOIDE. Originalmente toda célula con el número somático "normal" de cromosomas. El individuo cuyas células somáticas llevan dos veces el número básico de cromosomas. La mayor parte de las especies se consideran como diploides mientras no se demuestra lo contrario.

DOMINANTE. Se dice de un carácter, propio del progenitor de un híbrido, que aparece en el híbrido excluyendo al carácter contrastado del otro progenitor (el recesivo). Así en la cruce de chícharos de semilla amarilla y semilla verde, la primera generación tiene solamente semillas amarillas. El amarillo es dominante y el verde recesivo, el verde se transmite a la progenie pero no aparece en la presencia del factor que determina el amarillo.

ENDOGAMIA. Es el sistema de aparear animales o plantas emparentados entre sí. Su efecto genético es el aumento de la homocigosis, que da por resultado final la producción de una línea pura.

EPISTASIS. Es la supresión de la acción de un gene o un par de genes por la presencia de otro gene que no es alelomórfico del primero. Ejemplo: El gene para el color alvestre (aguti) del conejo resulta encubierto por el albinismo. El efecto es similar al de dominancia pero se refiere a la interacción de pares de genes no alelomórficos. En este caso se dice que el albinismo es epistático sobre el tipo alvestre que es hipostático al albinismo.

ESPECIE. Grupo de individuos con muchas características morfológicas semejantes, particularmente en las plantas, las que corresponden a los órganos florales. Es especialmente importante que los individuos de una misma especie pueden fecundarse unos a otros. Modernamente para la distinción entre especies se considera como característica muy importante que los individuos de una no pueden fecundar a la otra en forma normal.

ESPERMA. Una célula germinal masculina madura. El espermatozoido.

F1. La primera generación filial. La primera generación de la progenie de un apareamiento determinado.

FECUNDACIÓN. Es el nombre aplicado a la serie de eventos que ocurren después de la polinización o apareamiento y que culmina en la fusión de un gameto masculino y un huevo e inicia el desarrollo de un embrión.

FENOTIPO. Es el organismo y todos los caracteres que le son propios y que pueden distinguirse en él, en contraste con su constitución genética (el genotipo).

GENE (1). La unidad de herencia que se transmite a través de las células germinales y que por interacción con el complejo genético y citoplasmático, y el medio ecológico regula el desarrollo de un carácter. Las unidades alternativas (alelomorfos) que ocupan el mismo locus se consideran fases del mismo gene. Se considera que los genes se hallan colocados linealmente en los cromosomas. (2) "La base física de la herencia".

GENOTIPO. Es la constitución hereditaria completa de un organismo expresada como latente (comparar con fenotipo). Comprende por lo tanto todos los genes localizados en los cromosomas y los factores de herencia citoplasmática.

GERMOPLASMA. El material básico de la herencia considerado en conjunto. La suma de la constitución genética de un organismo.

HAPLOIDE. "Simple", refiriéndose al número reducido de cromosomas que se presentan en las células germinales maduras de organismos bisexuales. (Véase Diploide).

HERENCIA CUALITATIVA. La que está determinada por factores que se manifiestan en forma bien definida, generalmente de tipos contrastados, como el color de la flor. En general se trata de caracteres poco afectados por el medio ecológico.

HERENCIA CUANTITATIVA. La que está determinada por una serie de factores que tienen efectos individuales pequeños. El efecto final está afectado generalmente en forma notable por el medio ecológico, dando por resultado que los caracteres no se manifiestan claramente separados, sino dentro de una amplia gama de variación que puede apreciarse cuantitativamente.

HETEROCIGÓTICO. Que lleva ambos genes de un par alelomórfico o dos genes diferentes de una serie alelomórfica.

HETEROGAMÉTICO, CA. Se aplica al sexo que produce dos gametos desiguales. En el grupo de organismo XY el macho es el sexo heterogamético produciendo espermatozoides que llevan al cromosoma X y espermatozoides que llevan el cromosoma Y en igual número. En el grupo WZ (actualmente también designado como XY y característico de las polillas y las aves) la madre es heterogamética y puede producir óvulos que llevan cromosomas W y óvulos que llevan el cromosoma Z mientras las células espermáticas llevan siempre el cromosoma Z.

HETEROSIS. Cuando dos linajes que no están emparentados entre sí se cruzan, los híbridos exceden con frecuencia a cualquiera de los progenitores en tamaño y vigor, este fenómeno se llama heterosis o vigor híbrido. El efecto máximo de heterosis se presenta en F₁.

HÍBRIDO. La progenie de dos individuos genotípicamente desiguales. En ella se unen por lo tanto factores hereditarios distintos en forma heterocigótica. El término se aplica lo mismo al heterocigote para un solo par de factores (monohíbrido) que a las progenies de especies y aun géneros distintos.

HÍBRIDACIÓN. El proceso de cruzar plantas o animales de constitución hereditaria desigual, que producen por consiguiente una progenie F₁ heterocigótica para los genes en que difieren los progenitores.

HÍBRIDO VEGETATIVO. Progenie de un injerto cuyas características hereditarias se suponen modificadas por el patrón del injerto. De acuerdo con la escuela de Mitchurin-Lisenko las características deseables del patrón se pueden transferir al injerto cuando éste es suficientemente joven y está alimentado totalmente por el patrón.

HOLOGAMIA. Tipo de reproducción en la cual los gametos son muy semejantes a los individuos monocelulares. Se encuentra solamente en animales y plantas inferiores.

HOMOCIGOTE. Organismo cuyos padres han aportado genes similares para algún carácter heredado y cuyos gametos son por consiguiente todos iguales con respecto a los genes que determinan ese carácter.

HOMOCIGÓTICO. (1) Se aplica a un organismo formado por células germinales iguales con respecto a un gene dado. (2) Se dice que un organismo es homocigótico para un carácter dado cuando todas las células germinales transmiten genes idénticos para este carácter. (3) Se usa en material endogámico para referirse a todos los caracteres o la mayor parte de ellos.

INCOMPATIBILIDAD. Todas las causas hereditarias que hacen imposible o extremadamente difícil la hibridación de dos individuos aun mediante la aplicación de medios artificiales para eliminar los obstáculos de tipo puramente morfológico, coincidencia en la floración, etcétera. La incompatibilidad tiene manifestaciones fisiológicas muy variadas, desde la imposibilidad del polen para germinar en el estigma, distintas fallas en la fecundación, hasta la inviabilidad del híbrido.

INDUCCIÓN DE MUTACIONES.

La aplicación de diversas formas de energía (radiaciones atómicas, ultravioleta, rayos X) o compuestos químicos orgánicos (fenoles, carbonilos, hidrocarburos, carcinógenos, gas de mostaza) o inorgánicos (dióxido de potasio, cloruro de mercurio, y determinados compuestos de aluminio y amonio) que originan cambios genotípicos. Hasta hoy se ha podido

INJERTO. La unión artificial de dos tejidos, que mediante la formación de un callo constituyen una asociación orgánica nueva. Generalmente los tejidos injertados tienen una constitución genética distinta.

* **LEY DE MENDEL.** Mendel enunció los siguientes principios básicos de la herencia: (1) los caracteres exhiben una herencia alternativa (formas dominantes o recesivas); (2) cada célula reproductora recibe solamente un miembro del par de determinantes (genes) que existen en el individuo maduro; (3) las células reproductoras se combinan al azar. Como consecuencia de estas condiciones, los caracteres se presentan en ciertas proporciones definitivamente predecibles (dentro de los límites de variación casual), tales como 3:1, 1:2:1, 1:1, en la progenie de determinado acoplamiento híbrido.

LÍNEA PURA. Individuos que descienden de un solo individuo autógeno. Una población de individuos totalmente autógenos es entonces una mezcla de líneas puras, que en forma natural no cambian su constitución genética por medio del cruzamiento. Por esto la selección no es efectiva sobre una línea pura, pero sí lo es en la población formada por una mezcla de líneas puras.

LOCUS. Plural: loci. La posición que ocupa un gene o factor en un cromosoma, en un grupo de ligamiento, o en un mapa cromosómico.

MEIOSIS. Las dos divisiones que preceden a la formación de gametos (el desarrollo de un gametofito) en las cuales los miembros de cada par de cromosomas se separan y el número de cromosomas de las células hijas resultantes queda reducido a la mitad del número somático; distinguiéndose así de la división celular ordinaria (mitosis).

MITOSIS. La división celular que incluye la individualización de los cromosomas, la formación de las fibras del huso acromático y la división de los cromosomas por un proceso de escisión longitudinal. Así que cada una de las células hijas que resultan recibe un juego completo de los cromosomas que existían en la célula original antes de la división.

MONOCIGÓTICOS. Dos o más individuos que tienen su origen en un solo huevo fertilizado. Los gemelos (o triates, etcétera) de tal origen son idénticos genéticamente.

MONOICA. Se aplica a las plantas que llevan ambos sexos en un solo individuo.

MUTACIÓN. Una variación brusca que es hereditaria, y que resulta por cambios en el gene o genes afectados. El término se usa más bien indefinidamente para designar mutaciones de un solo gene y deleciones, reacomodos, duplicaciones, cambios quiméricos y aun cambios en el número de cromosomas.

MUTACIONES GÉNICAS. Cambios hereditarios de un gene que de acuerdo a las teorías modernas deberían tener su origen en cambios de la estructura molecular del gene mismo. Generalmente la mutación afecta un solo miembro del par y aparece originalmente en forma heterocigótica. En el momento de su aparición las mutaciones pueden ser desfavorables, pero bajo la influencia de la selección natural o artificial son la base de la evolución.

NÚMERO BÁSICO. El número de cromosomas que se considera como el haploide original de una o varias especies poliploides.

PEDIGREE. El registro de los ancestros de un individuo. Registro del árbol genealógico.

POBLACIÓN. Grupo de organismos entre los cuales hay o puede haber reproducción sexual. Por su coexistencia y relaciones sexuales los individuos de una población manifiestan un intercambio genético más o menos marcado.

POLEN, GRANO DE. Forma especial de microspora típica de las plantas superiores (gimnospermas y angiospermas). Lleva dos núcleos, uno que regula el crecimiento del tubo polínico y otro que se une con el huevo para efectuar la fecundación.

POLIGENES. (Genes menores). Genes cuya influencia se presenta siempre como el resultado de un conjunto más o menos numeroso de ellos. Determinan caracteres cuantitativos y su manifestación resulta parcialmente cubierta por los factores ecológicos y por el genotipo en total. En general la influencia individual de los genes menores representa una parte relativamente pequeña del conjunto y se estima generalmente como aditiva.

POLINIZACIÓN. La llegada del polen al estigma de una flor. No es sinónimo de fecundación. Después de la polinización puede haber fecundación, pero también puede no haberla.

POLIPLOIDE. Los poliploides son formas que tienen tres o más juegos monoploides de cromosomas en las células somáticas. (Véase Diploide). Así por ejemplo en el trigo el número básico de cromosomas es 7, las especies de trigo tienen 7, 14 ó 21 cromosomas haploides. (14, 28 ó 42 cromosomas en las células de la planta). Las especies con 14 y 21 cromosomas como número haploide son poliploides.

QUIASMA. "En el estudio del diploteno (meiosis) las cromátidas están asociadas en pares en tal forma que en una parte de su longitud se asocian dos cromátidas pero en otra parte cada una de ellas está asociada con una cromátida diferente. El punto de intercambio se llama Quiasma". (Sanson y Phillip, 1932).

QUIMERA. Un organismo compuesto de tejidos de dos tipos genéticamente distintos como resultado

RAZA. Grupo de individuos de una especie que presenta determinados caracteres hereditarios comunes. La separación en razas se origina por distintas formas de aislamiento que limitan la reproducción a un cierto grupo de individuos.

RECESIVO. Carácter alelomórfico que no se manifiesta en el heterocigote (Véase: Dominante).

REPRODUCCIÓN ASEJUAL. En ella no interviene ni la meiosis ni la fecundación. La progenie posee un complemento cromosómico idéntico al de los progenitores.

REPRODUCCIÓN SEXUAL. Intervienen en ella células cuyo número de cromosomas se ha reducido a la mitad por meiosis y constituyen gametos femeninos y masculinos. El desarrollo de un nuevo organismo requiere la fusión previa de dos gametos de sexo opuesto para formar un cigote.

REPRODUCCIÓN VEGETATIVA. Propagación por medio de ramas, injertos, esquejes, etcétera, en la cual no intervienen las células sexuales.

RETROCRUZA. Cruza regresiva. El cruzamiento de la F_1 de un híbrido con cualquiera de sus progenitores. La progenie de este cruzamiento.

SEGREGACIÓN. (1) La separación de los genes heredados de los dos progenitores en la formación de los gametos F_1 . (2) La recombinación al azar de estos gametos para formar los cigotes F_2 dando por resultado la aparición de tipos diferentes en la progenie F_2 .

SELECCIÓN. El acto de escoger individuos que posean ciertos caracteres o cierto grado de un mismo carácter en común dentro de una población mezclada para perpetuarlos por reproducción. Con frecuencia se reconocen dos clases de selección: (1) Selección natural, que se efectúa automáticamente por la falla en la reproducción (debido a la muerte o alguna otra causa) de los individuos que no están "adaptados" para pasar las pruebas a que están sujetos en su medio ecológico (vitalidad, resistencia a enfermedades, rapidez, éxito en su apareamiento y otras); (2) Selección artificial, la cual lleva a cabo el hombre conscientemente tal como lo hace el criador de animales o de plantas al escoger los caracteres que son de valor para el hombre y eliminar los que son indeseables.

SELECCIÓN RECURRENTE. Método en el que se prueban las líneas autofecundadas de una población por su aptitud combinatoria específica con una línea dada, se seleccionan las mejores combinaciones, se dejan reproducir abiertamente en hileras y se repite el ciclo de selección. El objeto es de seleccionar el germoplasma que puede dar las mejores combinaciones híbridas.

SOMÁTICO (De soma, cuerpo). Se refiere a los tejidos del cuerpo, que tienen dos juegos de cromosomas, uno que proviene normalmente del progenitor femenino y el otro del masculino; el término se usa para distinguir de las células germinales que sólo tienen un juego de cromosomas cuando maduran.

TETRAPLOIDE. Un organismo cuyas células contienen cuatro genomas (juegos monoploides de cromosomas).

TRIPLOIDE. Individuo con tres genomas en las células somáticas; los triploides son casi estériles pues gran número de sus gametos son inviábiles por la distribución irregular de los cromosomas en la meiosis.

VARIABILIDAD. La capacidad genotípica de una especie, de una población o de una progenie, para desarrollar diferentes fenotipos. Depende del sistema de reproducción y de la aparición de mutaciones.

VARIACIÓN. En biología las diferencias que se presentan entre individuos de una misma especie. Las diferencias entre las progenies y los progenitores. El término se aplica lo mismo a la influencia ecológica que a las recombinaciones o mutaciones.

VARIEDAD. En taxonomía es una división dentro de la especie; un grupo de individuos de una misma especie que difieren en caracteres menores del resto de la especie. Las variedades agronómicas son el producto de la selección humana y sus diferencias corresponden a caracteres de importancia económica. Desde el punto de vista genético se considera que las variedades de una misma especie pueden entrecruzarse libremente ya sea de manera artificial o natural. En contraste con las especies, donde ordinariamente se encuentran barreras genéticas que hacen el cruzamiento difícil y a veces imposible.

VIGOR HÍBRIDO. Sinónimo de heterosis, aunque más correctamente es el resultado final de la heterosis.

x. Símbolo que representa el número de cromosomas de los gametos. Aplicable a poliploides y heteroploides.