

## EL MEJORAMIENTO GENÉTICO EN AMÉRICA CENTRAL

Bertrand B.<sup>1</sup>, Etienne H.<sup>1</sup>, Santacreo R.<sup>2</sup>, Anzueto F.<sup>3</sup>, Anthony F.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura en Centroamérica, República Dominicana y Jamaica. CIRAD/PROMECAFE/ICAFE/IICA, AP 55-2200, Coronado, Costa-Rica. fax:(506)2294689, IHCAFE, Edificio Banco Atlántico Centro, Tegucigalpa HondurasANACAFE, Calle 0-50, Zona 14, Guatemala IRD/CATIE, CATIE, Turrialba, Costa Rica, e-mail: [benoit.bertrand@cirad.fr](mailto:benoit.bertrand@cirad.fr)

### 1-INTRODUCCIÓN

Del siglo XVII hasta hoy, los objetivos de la selección del café Arábica en América Latina cambiaron para adaptarse a las exigencias de nuevas prácticas culturales y para combatir nuevas enfermedades. La expansión mundial de *C. arabica*, basada en una diversidad genética reducida favoreció la expansión paralela de parásitos graves como son la Roya en Asia y América o la antracnosis del fruto ('CBD'), en progreso constante en África. Paralelamente, la monocultura y el abuso de pesticidas han incrementado los problemas causados por el parasitismo telúrico. Recientemente, la tendencia al aumento del consumo de café de alta calidad obliga a una selección más estricta hacia la calidad del producto.

Nuestro propósito es mostrar cuáles fueron las estrategias de selección empleadas en América Central, describir las principales variedades obtenidas y hasta donde el mejoramiento genético puede responder a los nuevos desafíos de la caficultura del siglo XXI.

### 2-EXPLORACIÓN DE LA BASE GENÉTICA INTRODUCIDA EN EL SIGLO XVIII

#### A/ Los cultivares originales

Dos poblaciones de café de porte alto (o 'normal') se introdujeron, el Típica (o Arábigo común) y el Borbón, a partir de muy pocas semillas. La base genética y la variabilidad potencial eran por lo tanto muy reducidas. En el sistema de cultivo que prevalecía hasta la mitad de este siglo, las diferencias de productividad entre un material seleccionado y un material poco seleccionado

eran débiles, y casi desaparecían en ausencia de fertilizante. Como lo subraya Castillo (1990), "la necesidad básica del cultivo de café era un cambio en las prácticas culturales, no un cambio de variedad". A partir de los años 50, los productores empezaron progresivamente a adoptar la técnica de plena exposición solar con altos niveles de fertilizantes (Cowgill, 1958; Uribe, 1958). De ahí surgió el interés del cambio de material vegetal.

A partir de los años 1930, se había iniciado un programa de selección en Brasil dentro de la población del Borbón (Mendes, 1939). En El Salvador también, se seleccionaron líneas de Borbón más productivas (Tekisic). Debido a la poca variabilidad de la población Típica (Castillo, 1984), y a su inferioridad productiva en comparación con las líneas seleccionadas del Borbón, se abandonó progresivamente la difusión de este material. Hoy esta variedad todavía se está cultivando en pocos sitios, en sistemas de bajo insumo y con sombra, y por parte de productores muy pequeños.

En cuanto a la variedad Borbón, su siembra se mantiene, en sistemas bajo sombra y a veces con un buen nivel de intensificación como es el caso en El Salvador o Guatemala por ejemplo.

#### B/ Las variedades mejoradas provenientes de la base tradicional (1950-1980)

Con el uso generalizado de la plena exposición solar en los años 60 y 70 en Colombia y Costa Rica, se evidenció que las densidades de siembra deberían ser aumentadas (Campos, 1998). En un sistema de alta densidad (más de 4000 plantas/ha), las variedades de porte pequeño como el Caturra son las más productivas (Cuadro 1).

**Cuadro 1:** Producción relativa (%) de tres variedades por tres densidades. Calculada sobre la base de la producción promedia de cinco cosechas en Costa Rica, en relación a la producción de la variedad H33, base 100, (adaptados de informes de labores del ICAFE, Costa Rica).

VARIEDADES	Producción relativa en relación con la densidad (%)		
	3200 pl/ha	4200 pl/ha	6300 pl/ha
CATURRA	98.5	123	125
MUNDO NOVO	114.2	112	109
H33	100 (2660)*	100 (2620)*	100 (3000)*

\* Producción observada en kg. de café oro/ha.

Según Castillo (1990), en Colombia, la variedad Caturra tuvo el importante papel de "catalizador" de nuevas prácticas culturales. Esta idea se aplica también en el caso de América Central en ciertas regiones favorables, en donde el cultivo de la variedad Caturra (o Pacas) asociado con una densidad de siembra elevada y una fertilización apropiada permitió alcanzar productividades muy elevadas. Sin embargo, en Guatemala, Nicaragua, Honduras y El Salvador, muchos productores no adoptaron los cultivares de porte pequeño ya sea porque pensaban que se iba a deteriorar la calidad del café o porque las condiciones edafoclimáticas o económicas requerían mantener mucha sombra, por lo que no se podía valorar las altas densidades.

La genealogía de los principales cultivares se resume en la figura 1. El Caturra es actualmente la variedad más sembrada en América Central. El Pacas, que es una variedad muy utilizada en El Salvador y en Guatemala, y el Villa Sarchi (llamada también la Luisa o Villalobos Borbón) que se sembraba en Costa Rica en los años 50-60 son genéticamente comparables al Caturra, pues todos derivan de la población del Borbón y tienen el mismo gen Caturra (Carvalho, 1991).

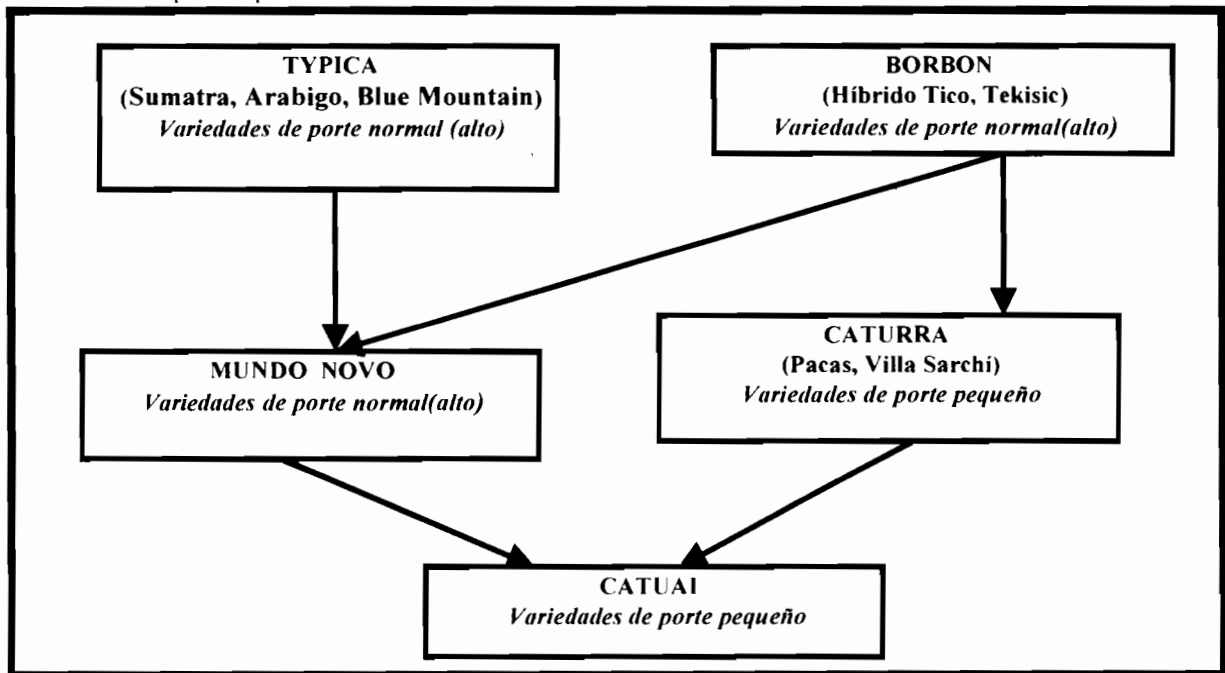
En América Central, las líneas de Mundo Novo introducidas producen igual que el Borbón y menos que el Caturra en sistemas de altas densidades (cuadro 1), por lo que se abandonó. Actualmente pocas áreas están sembradas con esta variedad. La variedad I133, que fue cultivada en Costa Rica hasta los años 1980, proviene probablemente de un cruzamiento entre Típica y Borbón y como tal, es genéticamente cercana al Mundo Novo. Finalmente el Catuai da rendimientos similares o un poco superiores al Caturra. En Costa

Rica, el Catuai produce alrededor de 8 a 15% más que el Caturra (informes del ICAFE, 1973-1989), y se recomendó su cultivo (Campos, 1987). Actualmente, es una variedad relativamente común en toda América Central pero su uso no ha introducido un cambio muy drástico en relación con el Caturra.

#### C/ Ventajas e inconvenientes de las variedades tradicionales

Con la selección y la posterior liberación del Catuai, se terminó la era de la explotación de la base genética introducida en América Central a partir del siglo XVIII. Con la excepción del Catuai que resulta de un esfuerzo real por recombinar las características deseables de dos padres bien conocidos, todas las demás variedades resultan del mejoramiento de la población existente (Borbón), del mejoramiento de cruzamientos espontáneos (Mundo Novo), o bien de la selección a partir de una mutación (Caturra, Pacas).

Con la excepción de la variedad Típica, las principales variedades descritas anteriormente se caracterizan por tener una alta productividad (González y Gutiérrez, 1978) y una buena adaptación a la luminosidad. En América Central, las variedades de porte alto (Borbón, Mundo Novo) se recomiendan para sistemas de cultivo bajo sombra regulada a densidades de 2000 a 3500 plantas/ha, mientras el Caturra o el Catuai se cultivan bajo sombra regulada o sin sombra con altas densidades de siembra (de 4000 a 7000 plantas/ha). Los defectos del grano para ambas variedades oscilan entre 5 a 12% para los caracoles, y 0 a 12% para los frutos flotantes (fruto vano). El grano del Típica es más largo que el grano del Borbón y éste es un poco más grande que el grano del Caturra o del Catuai.



**Fig 1:** Genealogía de las principales variedades tradicionales  
2 flechas indican un cruzamiento.  
1 flecha indica una mutación.

La calidad del café es muy discutida.

Aunque no se ha probado formalmente, muchos compradores de café indican que el Típica o el Borbón son superiores a todas las demás variedades en cuanto a la calidad en la taza y presentación física de los granos (Lingle, 1995). En realidad, estas variedades se cultivan casi exclusivamente bajo sombra y muchas veces se han hecho comparaciones con Caturra o Catuai cultivado sin sombra. Llama la atención el hecho que se considera Típica >Borbón ≥ Caturra ≥ Catuai para la calidad, cuando la clasificación para la productividad en América Central es exactamente inversa. Como lo subrayan Guyot *et al.* (1995), las observaciones sobre calidad deberían tomar en cuenta el estado fisiológico de la planta. En todo caso se considera que todas esas variedades tienen un alto nivel de calidad y corresponden a un estándar reconocido internacionalmente. Eso tiene como corolario que cualquier nueva variedad en América Central debe alcanzar ese estándar.

Debido a la base genética estrecha, la principal desventaja de las variedades tradicionales es su homogeneidad genética. Se traduce en particular por una ausencia de resistencia a las grandes enfermedades y plagas que afectan la caficultura mundial. Ninguna de estas variedades es resistente a la roya y todas son susceptibles a los nemátodos que afectan el café en la región y al CBD.

### 3-EXPLOTACIÓN DEL HÍBRIDO DE TIMOR

Debido al alto costo que representa el control químico de la roya y a la posible contaminación del medio ambiente que su uso conlleva, se contempló la posibilidad del uso de la resistencia genética para combatir esta enfermedad. Los principales logros se obtuvieron utilizando el Híbrido de Timor como progenitor. Después de varios años de selección genealógica (1972-1995) se obtuvieron diferentes variedades que están descritas brevemente a continuación. Además de tener varios genes de resistencia a la roya, el Híbrido de Timor presenta resistencia a otras enfermedades y plagas. A partir de 1989, se empezaron nuevas selecciones considerando la posibilidad de obtener variedades con resistencia simultánea a la roya, a los nemátodos y al CBD.

#### A/ Selección para la resistencia a la roya (1972-1995)

El objetivo de la selección es la obtención de una resistencia durable, es decir que permanezca efectiva por lapsos prolongados en grandes áreas de cultivo con ambiente favorable a la enfermedad (Jonhson, 1984). En América Central, se pretende introducir el número más grande posible de genes mayores (dominantes) en una variedad homocigota (línea pura). La durabilidad de esta resistencia se basa en la dificultad para el hongo de desarrollar simultáneamente genes de virulencia a varios *loci* (Eskes, 1989).

A partir de 1972, a través de diferentes intercambios con el CIFC, Brasil (IAC y UFV) y Colombia (CENICAFE), y luego a partir de 1978 a través de PROMECAFE I, los países de América Central introdujeron varias descendencias de los tres orígenes de Híbrido de Timor: CIFC 832/1, CIFC 832/2, CIFC 1343 (fig.2).

Varias plantas que derivan del Híbrido de Timor son resistentes a todas las razas de roya conocidas por lo que se clasifican en un grupo fisiológico llamado grupo A. En América Central, para asegurar una resistencia durable, se decidió seleccionar únicamente plantas de este grupo.

Del material genético introducido en 1972 y luego a partir de 1978 se seleccionaron varias líneas (Echeverri y Fernández, 1989). Por lo general, en esta primera etapa los materiales derivados del CIFC832/1 fueron los más adaptados a las condiciones de América Central. Sin embargo, se notó una tendencia a un agotamiento prematuro de las plantas cuando las prácticas culturales o las condiciones climáticas no eran óptimas (Echeverri y Fernández, 1989).

Después de 12 años de selección genealógica, se liberó en Honduras la primera variedad Catimor con alta resistencia a la roya, el IHCAFE90 (Instituto del café de Honduras, 1991). En 1995, Costa Rica liberó otro Catimor, la variedad Costa Rica 95 (CR95). Recientemente se liberaron las variedades MIDA96 (en Panamá) y Lempira 98 en Honduras, las cuales son casi idénticas a la CR95.

#### B/ Descripción de las variedades 'Catimores' liberadas en América Central

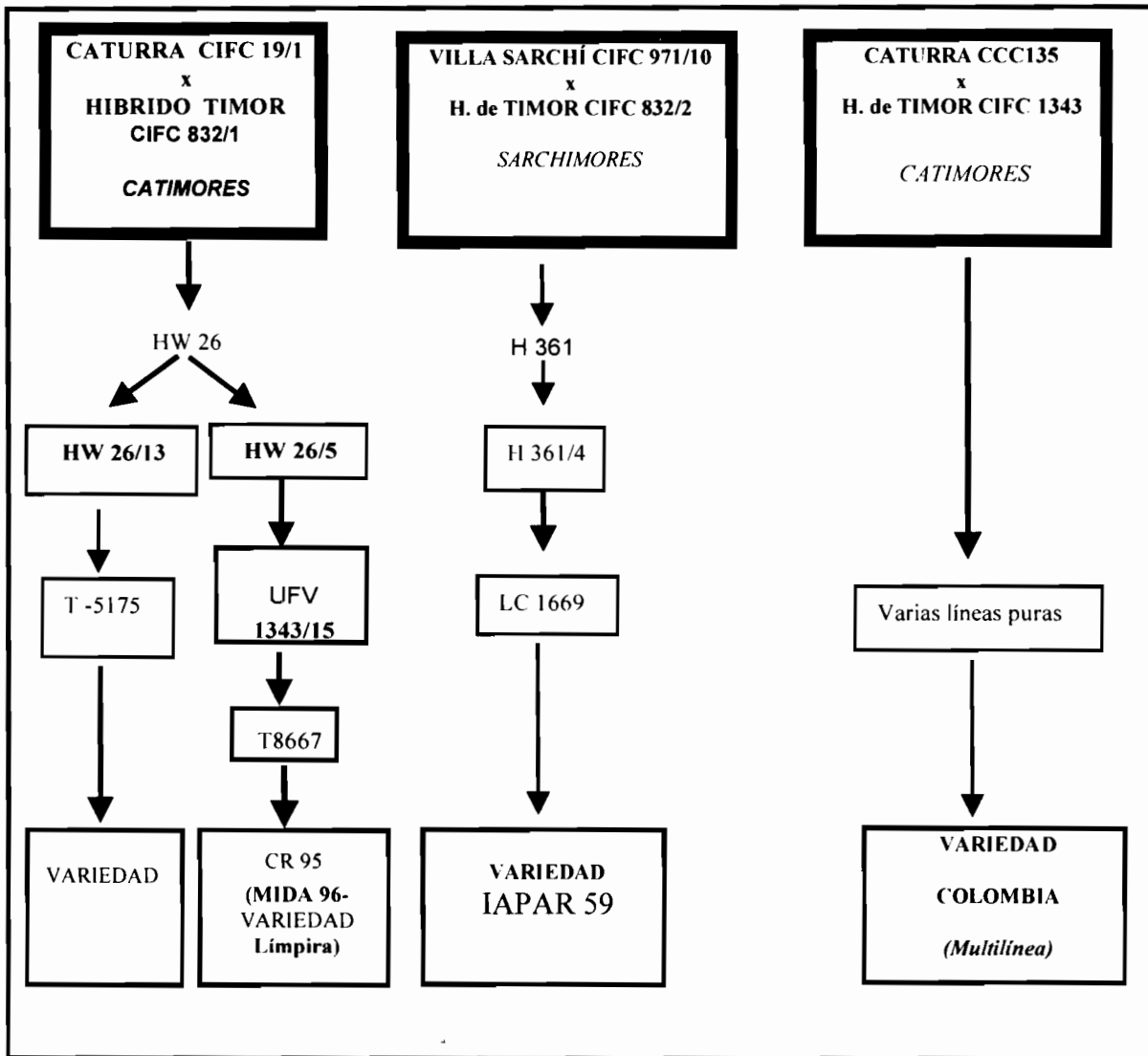
##### La variedad IHCAFE90 (Catimor T5175)

En condiciones adecuadas la variedad produce alrededor de 30% más que el Caturra y 20% más que el Catuai en las condiciones de Honduras. En Costa Rica, con altas densidades, las diferencias productivas son respectivamente de 20 y 22% en promedio, (cuadros 2 y 3).

##### La variedad COSTA RICA 95: (MIDA96, Lempira 98)

Es una variedad que produce entre 25 y 35 % más que las variedades Caturra o Catuai según la zona (cuadro 3). Para mantener los altos rendimientos, requiere de una fuerte fertilización, si no se agota a partir del tercer año de producción. El grano es más grande (se acerca al Típica) y supera un poco el tamaño del T5175 y significativamente el tamaño del Caturra (respectivamente : 67.90% contra 65.17%, 63.30% y sobre un tamiz de 17/64 pulgadas). Su alta resistencia a la roya la hace recomendable principalmente para zonas donde existe una mayor incidencia de roya.

Es importante destacar aquí que tanto Costa Rica 95 como IHCAFE90 no presentan resistencia al CBD ni a los nemátodos (*Meloidogyne spp* y *Pratylenchus spp*). (Rodríguez, 1992; Anzueto, 1993; Bertrand *et al.*, 1995).



**Figura 2 :** Genealogía de las principales variedades derivadas del Híbrido de Timor

**C/ La continuación de la selección de los derivados del Híbrido de Timor en América Central por la resistencia a la roya, el CBD, los nematodos (1989-200?)**

Se eliminó una gran parte de todo el material genético resistente a la roya introducido por PROMECAFE, por no corresponder a los estándares de la región. Es así como la mayoría de los materiales provenientes de retrocruzamientos se ha eliminado (Cachimor, Cavimor, Mundomor). Sin embargo, algunos materiales provenientes de la variedad Colombia, de los Sarchimores o de selecciones de Brasil mostraron resistencia no solamente a la roya sino también a los nematodos y al CBD. Una nueva selección empezó en 1989 y continúa actualmente.

El Híbrido de Timor presenta cierta resistencia al CBD (Van der Vossen y Walyaro, 1980), por lo que ciertas descendencias pueden presentar resistencia. En estudios realizados en el CIRAD (Bertrand *et al.*, 1997a), se demostró que algunas líneas derivadas del C1FC 832/2 y del C1FC 1343 presentan resistencia contra varias cepas del hongo.

Se ha probado que el Híbrido de Timor presenta resistencia a ciertos nemátodos (Fazuoli y Lordello, 1978; Gonçalves y Ferraz, 1978). Estudios realizados en América Central, demuestran que en el caso de *M. exigua* (el más común en Costa Rica, Nicaragua, Honduras), la resistencia es muy frecuente en los Catimores o Sarchimores o en los componentes de la variedad Colombia (Bertrand *et al.*, 1997a).

**Cuadro 2:** Producción media de seis cosechas par dos ensayos en kg. De café oro/ha. Los Linderos. IHCAFE, Honduras. (fuente :IHCAFE/Santacreo. 1996).

Material vegetal	Ensayo 1	Ensayo 2	% con relación al Catuai
IHCAFE90	6122	-	122.5
T8667	-	4577	140.7
CATUAI	5000	3253	100
CATURRA	4460	3162	-

**Cuadro 3 :** Producción promedio de 4 cosechas de 4 variedades en 9 localidades de Costa Rica: producción en kg. café oro/ha (fuente ICAFE/Aguilar. 1998).

Material vegetal	Producción	% relación con el Caturra
Costa Rica 95	3019 A	130
T5175 (IHCAFE90)	2810 A	121
Caturra	2326 B	100
Catuai	2288 B	98

Dos candidatos tienen que ser evaluados en los próximos años :

-El Sarchimor T5296 que proviene del cruzamiento entre Villa Sarchi 971/10 y CIFIC 832/2. La generación F2 fue llamada LC 1669 por el IAC. Entró en América Central en generación F3. Se está seleccionando en Honduras. Ciertas líneas presentan uniformidad de porte (bajo), una productividad igual a la del Caturra y resistencia a *M. exigua*. Ciertas plantas fueron enviadas de Costa Rica al CIFIC para ser probadas en cuanto a la resistencia al CBD. Varias plantas mostraron altos niveles de resistencia a ciertas cepas del hongo (Rodríguez. 1992).

- El Sarchimor IAPAR59, seleccionado por el IAPAR. Como la variedad Costa Rica 95, 94% de las plantas son del grupo A y 6% son resistentes a 29 razas de roya. Además esta variedad tiene una alta resistencia a *M. exigua* en Costa Rica (Bertrand et al. 1998b). Es susceptible al CBD (pruebas del CIRAD). Actualmente se evalúan en Costa Rica su productividad y su calidad.

#### D/ Ventajas y límites de los Catimores

Aunque faltan ciertas evaluaciones del material derivado del Híbrido de Timor, se llega casi al final de un proceso de selección que empezó en los años 70 en el caso de América Central y ya se pueden adelantar ciertas conclusiones.

#### Influencia del origen del Híbrido de Timor sobre las principales características agronómicas de los Catimores

Las variedades liberadas en América Central como en Colombia o en Brasil cumplen con los requisitos de sistemas altamente tecnificados. Todas son de porte bajo y se adaptan al cultivo a plena luz o con sombra regulada. En promedio, no se notaron diferencias entre los testigos y los derivados del Híbrido de Timor en lo que se refiere a frutos vanos y tamaño del grano. Los derivados del Híbrido de Timor tienden a producir un poco más de caracoles. Además, no se obtuvo

diferencia significativa de productividad entre los Catimores, los Sarchimores y los derivados de la variedad Colombia (cuadro 4), pero si se obtuvieron diferencias significativas de ambos materiales en relación a los testigos.

#### ¿Por qué producen más los derivados del HdT?

Aguilar *et al* (1997) sugieren que gran parte de la superioridad productiva de los derivados del Híbrido de Timor bien seleccionados proviene en primer lugar de la resistencia a la roya y en segundo lugar (en las condiciones del estudio), de la resistencia a los nemátodos *M. exigua*.

En Colombia, se reporta una superioridad productiva de más de 25% en promedio de la variedad Colombia en relación al Caturra. Esta superioridad estaría relacionada con la resistencia a la roya (Sierra Sanz, 1995; Moreno, com. pers.). En las dos mejores variedades CR95 y IHCAFE90 de América Central, también se puede formular la hipótesis de que además de la resistencia a la roya, la superioridad proviene de la fijación, por medio de la selección, de una parte del vigor híbrido o de características interesantes del Híbrido de Timor. Parece ser el caso de un mayor número de frutos por nudo (CR95) o de un mayor vigor vegetativo (IHCAFE90).

#### Expectativas: el problema de la calidad.

La selección ha llevado las nuevas variedades Catimor a un nivel productivo superior al estándar Caturra. Los factores genéticos que permitieron la 'revolución verde' de la caficultura de los años 1960 se mantuvieron (porte pequeño, adaptación a la luz plena o a la sombra manejada). La calidad de las dos variedades es un punto actualmente muy controversial. Dentro del término calidad se debe distinguir varios conceptos. En primer lugar están las características físicas del grano (tamaño, forma, regularidad, densidad, presentación, color). Las diferencias entre diversas líneas de la variedad Colombia y el Caturra no

parecen ser consistentes según Castillo y Moreno, (1986) y Bertrand *et al.*, 1997a.

En segundo lugar viene la calidad organoléptica (taza). La introgresión de genes del Híbrido de Timor dentro del genotipo Caturra (o Villa-Sarchi) puede haber traído ciertos problemas de calidad en la taza. Según Moreno *et al.* (1995), no hay diferencias entre los Catimores que componen la variedad Colombia y el Borbón o el Típica.

Estudios recientes hechos en Costa Rica revelan una situación más contrastada en cuanto a los Catimores probados (fig. 3). En Costa Rica se realizó un estudio sobre la calidad de cuatro variedades: Caturra, Catuai, Costa Rica 95 y T5175 (Astúa y Aguilar, Informe anual ICAFE-1997) y éste estudio se repitió en 1999. La variedad T5175 se distinguió negativamente en cuanto al aroma, al cuerpo y a la acidez. Además, tenía un sabor a medicina y mostró un tueste disparejo, falta de uniformidad en sus granos y fisura abierta, para los ocho sitios donde fue evaluada. Estas mismas calidades muy bajas se encontraron en otros materiales como por ejemplo: T16784 (Sarchimor), T17126 (línea de la var. Colombia).

Es difícil prever el ritmo de diseminación de los Catimores en América Central. En todos los países, se piensa limitar los Catimores a las plantaciones sembradas a menos de 1200 msnm. La alta productividad de Costa Rica 95 es un elemento muy atractivo para el productor, pero la renovación del cafetal con esta variedad dependerá también:

- del panorama de los precios en el mercado internacional,
- de la facilidad de obtención de semillas de buena calidad,
- de la aceptación por parte de los compradores de café de una calidad de café quizás inferior al estándar 'Caturra' de la durabilidad de la resistencia a la roya.

#### 4- LA SELECCIÓN EN EL MARCO DE UNA CAFICULTURA SOSTENIBLE

##### A/ Problemas por resolver y criterios de selección

El mercado mundial y las características de Centroamérica imponen limitantes a la caficultura que allí se practica. Las condiciones de relieve, la poca disponibilidad de nuevas tierras, y en ciertos casos la escasez de mano de obra, requieren de una

intensificación del cultivo. Además el consumidor se vuelve más preocupado por la calidad y los grupos de presión conservacionistas exigen un café más ecológico. La intensificación aparece como una necesidad, pero debe ser una intensificación que proteja el medio ambiente y asegure la rentabilidad del cultivo aún en condiciones de precios bajos. La genética puede aportar soluciones a una parte de estos problemas. El conjunto de los riesgos biológicos (exógenos como endógenos), económicos y comerciales conduce a fijar los siguientes criterios de selección:

- resistencia a enfermedades y plagas (roya, CBD, nemátodos);
- productividad igual o superior a los mejores Catimores sin agotamiento precoz y con cierta estabilidad productiva;
- defectos del fruto comparables al estándar Caturra;
- tamaño superior al estándar;
- calidad en la taza igual o mejor que la del Caturra;
- porte pequeño y uniformidad de las plantas;
- buena adaptabilidad a condiciones limitantes.

Para responder a los criterios de selección mencionados, se necesita ampliar la base genética en América Central. Existen dos grandes vías para plantear nuevas alternativas de selección Charrier (1985).

La primera vía es la hibridación interespecífica con la introgresión de genes de resistencia de otras especies de *Coffea* en la especie *Coffea arabica* por medio de polinizaciones o por medio de la transferencia de genes a través de la ingeniería molecular (plantas transgénicas). Esta última es una tecnología nueva y su utilización para América Central requiere de una fuerte inversión.

La segunda vía es a través de la hibridación intraespecífica creando híbridos F1 con los cuales se espera tener un vigor vegetativo que se traducirá en una mejor producción y una mejor adaptabilidad del cultivo en ambientes difíciles. Es la vía escogida por PROMECAFE a partir de 1991 y el esquema se describe en la figura 4. Las mejores plantas (clones) son multiplicadas por embriogénesis somática

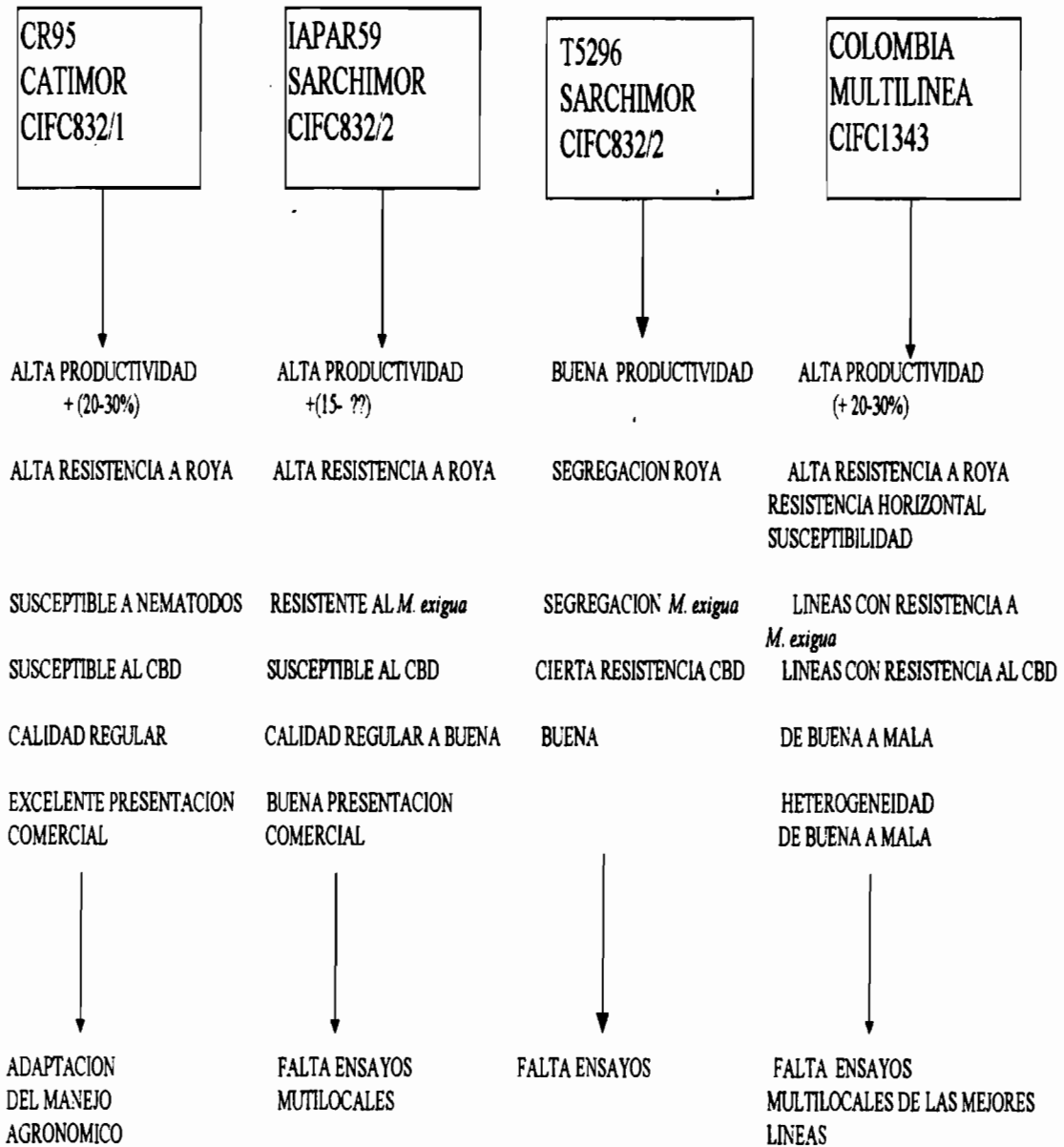
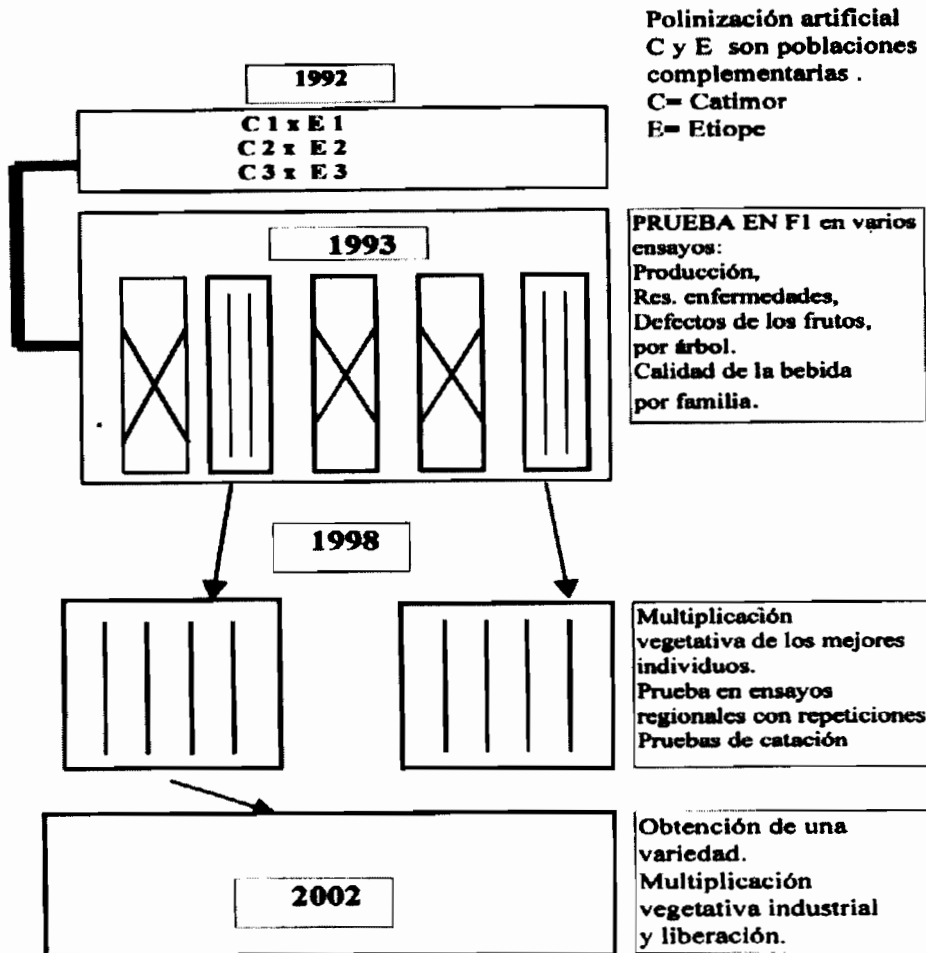


FIG 3 : PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS DERIVADOS DEL Híbrido de TIMOR DE INTERES PARA AMERICA CENTRAL.



**Fig. 4: ESQUEMA DE OBTENCIÓN DE CLONES DE HÍBRIDOS F1**

#### **B/ Algunos resultados de los híbridos F1**

##### **Evidencia del vigor híbrido sobre la producción**

En América Central, la heterosis promedio se establece en más de 30% cuando se comparó más de treinta combinaciones con el mejor padre (Bertrand *et al.*, 1997b). En el cuadro 5 se puede ver que la heterosis es más evidente para la producción, que es una característica global, que para las características

simples como son el diámetro del tallo o la altura de la planta. Sin embargo, el vigor híbrido se manifiesta también con el aumento de la biomasa total (aunque en menor grado). Eso significa que el tamaño de la planta es generalmente mayor que el de la variedad línea, y que por consiguiente, tiende a ocupar más espacio. Por lo tanto, la superioridad productiva del híbrido puede ser en realidad menor de lo previsto cuando se siembra en condiciones de alta densidad.



**Cuadro 4:** Comparación de las orígenes del Híbrido de Timor con los testigos Caturra y Catuai, en dos ensayos, de la producción acumulada de 4 y 5 cosechas respectivamente, CICAPE, Heredia, Costa Rica. Producción en Kg. café oro/ha (Bertrand *et al.*, 1997a).

Ensayos	Origen	Nombre común	Número de líneas	Producción	% de producción con los testigos
Ensayo 1	CIFC 832/2	Sarchimor	7	16453 a	124
	CIFC 832/1	Catimor	5	15 485 a	117
	TESTIGOS		2	13 208 b	100
Ensayo 2	CIFC 1343	Colombia	16	15 006 a	123
	TESTIGOS		2	12 183 b	100

**Cuadro 5:** Promedio de una población de cuatro líneas (Caturra, Catuai, CR95, T5296) en comparación con una población de 17 híbridos F1 (Bertrand *et al.*, 1997b).

Variables	Líneas	Híbridos	% de ganancia
Prod. Promedio, ***,kg. oro/ha	2 079	2 724	31
Peso granos secos (en gramo)	16.13	16.72	3.6
Diámetro al tallo*** (mm)	27.36	30.52	11.5
Altura*** (cm)	102	111.7	9.5
Número bandolas*	57.48	61	6.1
Longitud bandolas*** (en cm)	61.6	69	12
Longitud entrenudos*** (en m)	3.02	3.36	11.25
Número de frutos en 6 nudos*	96.9	101.7	4.95

\*\*\* estadísticamente diferentes  $P<0.001$ ,  $P<0.01$ ,  $P<0.05$ .

#### Recombinación de genes de resistencia a enfermedades

Una de las grandes ventajas de los F1 es que hay acumulación en un genotipo de las resistencias complementarias a las enfermedades y plagas como es el caso para los genes dominantes de resistencia a la roya, a los nemátodos y eventualmente al CBD que se encuentran ya sea dentro del grupo de los Catimores o dentro del grupo de los silvestres.

#### Defectos de frutos y calidad en la taza

De manera general, los F1 tienden a producir más caracoles (+ 5%) y frutos vanos (+ 6%) que las variedades líneas (Bertrand *et al.*, 1997b). En datos de experimentos en Kenia reportados por Van der Vossen (1985), los híbridos tienen sistemáticamente más caracoles que sus padres. Sin embargo la selección dentro de una familia de las mejores plantas para una multiplicación clonal debería permitir eliminar en gran parte este problema.

De las primeras pruebas de catación que se hicieron, se nota que la mayoría de los F1 igualan o superan el padre cultivado (CR95, T5296, Caturra, Catuai) (Datos sin publicar).

#### Selección de Veinte precandidatos

Una selección basada sobre los diferentes criterios susmencionados ha llevado a ofrecer veinte clones precandidatos que están en curso de multiplicación mediante las técnicas de micropropagación. Estos clones producen entre 20 a 70% más que la variedad Caturra, con una calidad de la bebida igual o superior. Ciertos híbridos tienen resistencia a la roya y a diferentes nemátodos. De 1999 a 2000, se preve sembrar más de 120 000 plantas directamente en las

fincas de los productores Centroamericanos. Dependiendo del grado de aceptación por parte de los productores se seleccionarán los mejores candidatos que serán luego liberados como variedades. La idea es llegar a tener una oferta de varios clones.

#### Producción de variedades F1

El principal cuello de botella en el uso de los híbridos era la producción masiva de plantas. Hoy existe la posibilidad de utilizar el método de multiplicación vegetativa por medio de la embriogénesis somática. Los costos actuales de producción de una vitropianta son de 0.10 USD es decir para el productor una planta de 8 meses que cuesta 0.40USD contra 0.30USD en América Central. El principal logro reside en la siembra directa del embrión (Barry-Etienne *et al.*, 1999; Etienne *et al.*, *in press*).

#### C/ Creación de variedades Porta-injerto: un nuevo concepto.

Para muchos frutales, la práctica del injerto es muy usual. Los patrones se utilizan ya sea como fuente de resistencia al parasitismo del suelo o a los virus, para reducir el vigor de las plantas (aumento de densidades de siembra) así como para aumentarlo, o bien para una mejor adaptación a condiciones particulares como exceso de calcio o de humedad, etc.

En café, la injertación (injertación hipocotilodonoraria principalmente) se utiliza principalmente para luchar contra el parasitismo telúrico. En Guatemala se utiliza desde hace muchos años el patrón Robusta para controlar los nemátodos *Pratylenchus* sp. y *Meloidogyne* sp. En este país los nemátodos son muy agresivos y la práctica del injerto da resultados espectaculares en situaciones de fuertes infestaciones

con *Pratylenchus*, para el cual el patrón Robusta es altamente tolerante (Anzueto, 1993; Villain *et al.*, 1996). En condiciones de invernadero, Anzueto (1993) ha mostrado que las descendencias de Robusta utilizadas en Guatemala no presentan más de 30% de plantas resistentes. Esto indica la necesidad de realizar un trabajo de selección para obtener variedades con mayor resistencia a *Meloidogyne* spp manteniendo a la vez tolerancia a *Pratylenchus*. A partir de 1990, se empezó una selección de nuevas variedades porta-injerto que se debería continuar hasta 2003.

#### La variedad Nemaya

La nueva variedad 'Nemaya' (Anzueto *et al.*, 1995; Bertrand *et al.*, 1995), obtenida en 1995, viene del cruzamiento de dos árboles de la colección del CATIE, el T3561 (planta 2-1) y el T3751 (planta 1-2). La descendencia de este cruzamiento es altamente resistente a *Meloidogyne* sp. del Salvador (Peña, 1994), de *M. incognita* de Guatemala (Anzueto, 1993), de *M. exigua* de Costa Rica (Bertrand *et al.*, 1998a) y de *M. arabicida* de Costa Rica.

En relación con los nemátodos de Guatemala y El Salvador que son particularmente agresivos, los Robustas no seleccionados presentan alrededor de 35% de plantas resistentes cuando la variedad Nemaya presenta cerca de 80% de plantas resistentes. En relación a *M. exigua* y *M. arabicida*, la variedad Nemaya presenta respectivamente 90% y 80% de plantas resistentes. Además cabe notar que el T3751 (planta 1-2) - uno de los dos padres de la variedad- ha demostrado ser más tolerante a *Pratylenchus* sp. que otros Robustas (Anzueto, 1993). Complementariamente los Robustas presentan un buen nivel de tolerancia a las cochinillas *Dysmicoccus cryptus*, netamente superior a la tolerancia de los Arábicas (García, 1992). La multiplicación de la variedad Nemaya se está realizando en los países miembros de PROMECAFE por medio de la embriogénesis somática.

Cabe notar que se debería hacer más investigaciones en cuanto a la práctica del injerto en condiciones de bajura (< 800 msnm). En efecto a esas alturas limitantes para el Arabica, el Robusta confiere un aumento de vigor, tanto en presencia de nemátodos como en su ausencia y podría procurar una mejor adaptabilidad en suelos ácidos

#### Los Catimores

En situaciones de altura (800-1000 metros), las bajas temperaturas empiezan a causar ciertos disturbios fisiológicos a los Robustas. A más de 1000 msnm, Bertrand *et al.*, (1998a) estiman que en situación de muy baja infestación con nemátodos, la injertación causa una pérdida de 10 a 20% de la producción en relación a testigos no injertados. Eso significa que en presencia de un nemátodo como *M. exigua*, que no causa pérdidas superiores a un 10-20% en condiciones de clima favorable, el injerto sobre patrón de Robusta no se justifica. En este caso particular, la resistencia

encontrada en los Catimores (variedad IAPAR59 por ejemplo), puede ser aprovechada. Un patrón Catimor de igual crecimiento al Caturra no debería afectar el crecimiento de la planta. Sin embargo, en situaciones de ataques múltiples de *Pratylenchus* y *M. exigua*, esta solución no es recomendable, pues debido a la susceptibilidad del Arábica al *Pratylenchus* y a la competencia entre ambas especies se nota un fuerte incremento de la población de *Pratylenchus* (Bertrand *et al.*, 1998b)

#### Hacia la creación de una variedad porta-injerto Arabusta

El híbrido interespecífico Arabusta, creado a partir de uno de los padres de la variedad Nemaya cruzado con un silvestre resistente a *M. incognita* y *M. arabicida*, podría ser una valiosa fuente de resistencia heredada del Robusta y, a la vez, conferir un fuerte vigor al injerto en condiciones de más de 800 msnm en donde el Robusta sufre por las bajas temperaturas. En el CATIE se está realizando un programa de duplicación del número de cromosomas del T3751 (1-2) y del T3561 (2-1), para crear dos tetraploides que luego se podrán cruzar con uno o varios Arábicas silvestres resistente a ciertos nemátodos creando así diferentes variedades de Arabusta.

#### 5-CONCLUSIÓN

La ampliación de la base genética es el mayor objetivo de los programas de mejoramiento genético de América Central. A corto y mediano plazo, los trabajos de selección permitirán una oferta de otras variedades Catimores y de varios clones F1 con resistencia a la roya, e/o a los nemátodos y al CBD y todos de buena a muy buena calidad. En las regiones en donde los nemátodos son muy agresivos y en situaciones de bajura, la variedad porta-injerto Nemaya será una buena solución agronómica. Para las situaciones de altura en donde el Robusta tiene problemas de crecimiento, se puede esperar la oferta dentro de 5-6 años de un porta-injerto de tipo 'Arabusta' con alta resistencia a los nemátodos y de gran vigor.

La meta es llegar al productor con una oferta de diferentes variedades y patrones las cuales el escogirá según sus necesidades ecológicas y económicas y sus prioridades de comercialización.

La diversidad genética presente en América Central está en proceso de evaluación por los marcadores moleculares RAPD, AFLP (Anthony *et al.*, *in press*; Lashermes *et al.*, *in press*). El material estudiado constituye un amplio muestreo de la totalidad del área de origen de la especie *C. Arabica* (individuos silvestres de las recolecciones FAO y ORSTOM en Etiopía y de la prospección IPGRI en Yemen), así como por las principales variedades (Típica, Borbón, Caturra, Villasarchi, derivados del Híbrido de Timor). Los primeros resultados corroboran la existencia de una base genética limitada en *C. arabica*, revelada por

los estudios preliminares de Orozco-Castillo *et al.* (1994) y de Lashermes *et al.* (1996c). Esta evaluación genotípica se completa con la evaluación fenotípica, basada en la observación en el campo de los caracteres utilizados como criterio de selección en la región, por ejemplo los defectos de los frutos y de los granos, o la resistencia a enfermedades y parásitos (roya, nematodos, CBD). Los resultados tendrán fuertes implicaciones en la conservación y la utilización de los recursos genéticos. Revelar la estructura de la diversidad disponible en América Central para el mejoramiento regional conduce a la definición de grupos de individuos genéticamente cercanos. La diversidad disponible podrá entonces ser utilizada de manera racional basándose en la estimación de la distancia genética entre las variedades cultivadas y los diversos grupos de individuos silvestres, cultivados o introgresados.

En América Central, los híbridos F1 creados entre los individuos silvestres y las variedades Catimor o Sarchimor permiten crear poblaciones segregantes para numerosos caracteres agronómicos, con determinismo monogénico. En 1998 se inició un proyecto financiado por la UE para identificar marcadores moleculares ligados a la resistencia a dos especies de nematodos, *M. exigua* de Costa Rica y *Meloidogyne* sp. de Guatemala. Otros caracteres monogénicos de interés podrán también ser marcados a corto plazo. Por ejemplo, la explotación de la esterilidad masculina, detectada en varios individuos etíopes de la colección del CATIE (Dufour *et al.*, 1997), abriría la puerta a una distribución de híbridos F1 por semilla.

## 6-AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la dirección del ICAFE de Costa Rica por su apoyo al programa regional de fitomejoramiento de PROMECAFE

## 7-LITERATURA CITADA

- Aguilar, G. 1995. Variedad Costa Rica 95. Instituto del Café de Costa Rica, Convenio ICAFE-MAG, 30 p. ISBN 977-55-014-X.
- Aguilar, G., Bertrand B. y F. Anthony. 1997. Comportamiento agronómico y resistencia a las principales plagas de diferentes variedades derivadas del Híbrido de Timor. Noticiero del café. Revista del Instituto del café de Costa Rica. N° 94-95. ISSN 108-421X, 8p.
- Anzueto, F. 1993. Etude de la résistance du caféier à *Meloidogyne* sp. et *Pratylenchus* sp. In Thèse de Docteur Ingénieur, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, 17 mars 1993. 123 p.
- Anzueto, F., Bertrand B. y M. Dufour, 1995. Desarrollo de una variedad porta-injerto resistente a los principales nemátodos de América Central. Boletín PROMECAFE, Enero-Junio, IICA, ap 1815, Guatemala, 13-15.
- Bertrand B., Anzueto F., Peña M., Anthony F. y A.B. Eskes. 1995. Genetic improvement of coffee for the resistance to root-knot nematodes *Meloidogyne* sp. In América Central. In 15 congreso internacional sobre el café, Kyoto, mayo de 1995, Japón, ASIC (Paris): 630-636.
- Bertrand, B., Aguilar G., Bompard E., Rafinon A., and F. Anthony. 1997a. Comportement agronomique et résistance aux principaux déprédateurs des lignées de Sarchimors et Catimors au Costa Rica. Plantations Recherche Développement. 4 (4): 312-321.
- Bertrand, B., Aguilar G., Santacreo R., Anthony F., Etienne H., Eskes A.B., and A. Charrier. 1997b. Comportement d'hybrides F1 de *Coffea arabica* pour la vigueur, la production et la fertilité en Amérique Centrale. In 17 congreso internacional sobre el café, Nairobi, julio de 1997, Kenya, ASIC (Vevey, Suiza).
- Bertrand, B., Borbón, O., and G. Aguilar. 1998a. Situación nematológica en un cafetal de la meseta Central de Costa Rica y posibilidades de control. In: ICAFE, San José, Costa Rica (Eds). Memoria III seminario resultados y avances de investigación. p 15-28.
- Bertrand, B., Cilas, C., Hervé, G., Anthony, F., Etienne, H., and L. Villain. 1998b. Relations entre les populations des nématodes *Meloidogyne exigua* et *Pratylenchus* sp., dans les racines de *Coffea arabica* au Costa Rica. Plantations Rech Dev 5:4, 281-286.
- Campos, E. 1987. Comparación del Catuai con el Caturra. Noticiero del café, Año 2, N°27, Dec 1987, ICAFE, San José, Costa Rica, 3 p., ISSN 0550-1105.
- Campos, M. E. 1998. Densidades de siembra y distancias entre plantas e hileras. In: ICAFE, San José, Costa Rica (Eds). Memoria III seminario resultados y avances de investigación. pp 95-100.
- Carvalho, A., Medina Filho H.P., Fazuoli L.C., and O. Guerreiro Filho. 1991. Aspectos genéticos do cafeeiro. Rev. Brasil. Genet. 14: 1, 135-183.
- Castillo Zapata, J., 1990. Mejoramiento genético del café en Colombia. In: 50 años de CENICAFE 1938-1988. Conferencias conmemorativas. Chinchiná (Colombia). CENICAFE, p. 46-53. CDD -633.730968.
- Castillo Zapata, J., and J. Leguizamón Caycedo. 1992. Virulencia de "Hemileia vastatrix" determinada por medio de plantas diferenciales de café en Colombia. Cenicafé (Colombia). 43 (4): 114-124.
- Castillo Zapata, J., and G. Moreno. 1986. La variedad Colombia: Selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del cafeto. Federación Nacional de cafeteros de Colombia, Bogotá, 172 p.

- Castillo Zapata, J., 1984. Actividades de Colombia en investigación en mejoramiento genético del café. In: IV reunión regional de especialistas en mejoramiento genético del café. Antigua, Guatemala 1-5 Octubre de 1984, PROMECAFE-IICA, 30 pp.
- Charrier, A. 1985. Progrès et perspectives de l'amélioration génétique des caféiers. In: 11° Coloquio científico internacional sobre el café, Lomé, Vevey, Suiza, ASIC, p 403-425.
- Cowgill, W.H. 1958. The Sun-hedge system of coffee growing. Coffee and Tea Industries. Advances in Coffee Production. 81 (11): 87-90.
- Dufour, M., Anthony, F., Bertrand, B. and A.B. Eskes. 1997. Identification de caféiers mâle-stériles de *Coffea arabica* au CATIE, Costa Rica. Plantations, Recherche, Développement 4 (6): 401-407
- Echeverri, J.H. and Fernández C.E., 1989. The PROMECAFE program for Central América. In Coffee Rust: Epidemiology, Resistance and management. Eds Kussalappa A.C., Eskes A.B., CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, p 337. ISBN 0-8493-6899-5.
- Etienne, H., Bertrand, B., Anthony, F., Cote, F., and M.Berthouly. 1997. L'embryogenèse somatique, un outil pour l'amélioration génétique du café. In: ASIC (ed.) 17 th Int Sci Colloquium Coffee. ASIC, Vevey, Switzerland, pp 457-465.
- Etienne-Barry, D., Bertrand, B., Vasquez, N., and H.Etienne. 1999. Direct sowing of *Coffea arabica* somatic embryos mass-produced in a bioreactor and regeneration of plants. Plant Cell reports 18:77.
- Eskes, A.B. 1989. Coffee Rust: Epidemiology, Resistance and management. Eds Kussalappa A.C., Eskes A.B., CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, p 337. ISBN 0-8493-6899-5.
- Fazuoli, L.C. 1985. Genética e melhoramento do cafeeiro. in Cultura do cafeeiro, Piracicaba, Brasil. Associação Brasileira para pesquisa da potasa e do fosfato. 87-113p.
- Fazuoli, L.C. and R.R.A. Lordello. 1978. Resistência de cafeeiros Híbrido do Timor a *Meloidogyne exigua*. Ciencia y Cultura, Suplemento, Brasil. 30.3.
- Garcia, A. 1992. Les pseudococcidae déprédateurs des racines du caféier (*Coffea arabica* L.) au Guatemala. Cas particulier de *Dysmicoccus cryptus* (Hempel, 1918). Thèse doct. Univ. Paul Sabatier Toulouse III, 122 p.
- Gonçalves, W., and L.C.C.B. Ferraz. 1978. Resistência do cafeeiro a nematóides: II - Testes de progênes e híbridos para *Meloidogyne incognita* raça 3. Nemat. brasileira, vol. XI, 125-142.
- González, G., and Z. Gutiérrez. 1978. Respuesta de algunos cultivares de *Coffea arabica* a diferentes densidades de siembra. Agron. Costarr. 2(1): 61-68.
- Guyot, B., Gueule, D., Manez, J.C., Perriot, J.J., Giron, J., and L. Villain. 1995. Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés Arabicas. Plantation recherche développement, 3 (4):272-280.
- Instituto Hondureño del café, 1991. Una nueva variedad de café con resistencia genética a la roya. Boletín de PROMECAFE, nº52-53, Junio-Dic., 15-18.
- Informes anuales de labores, 1973 a 1989. Departamento de Investigaciones y transferencia de tecnología, Instituto del Café. San José. Costa Rica.
- Jonhson, R. 1984. A critical analisis of durable resistance. Annual Review of phytopathology. (EE.UU). 22. 309-330.
- Lashermes, P., Trouslot, P., Anthony, F., Combes, M.C. and A. Charrier. 1996. Genetic diversity for RAPD markers between cultivated and wild accessions of *Coffea arabica*. Euphytica 87: 59-64
- Lingle, T. 1995. Desarrollo del café de especialidades "Gourmet", orgánico y otros. Doc. Nestlé, XVII Simposio de caficultura, 23-27 Octubre. San Salvador, El Salvador, PROMECAFE, PROCAFE. Actas por aparecer
- Mendes, J.E.T. 1939. Ensaio de variedades de cafeeiros. Bol. Instituto agronomico do estado em Campinas, Sao Paulo. Tec. (65) 35 p.
- Moreno Ruiz, G., Moreno E., and G. Cadena. 1995. Bean characteristics and cup quality of the Colombia variety (*Coffea arabica*) as judged by international tasting panels. In: 16° Coloquio científico internacional sobre el café, Kyoto ASIC, 16° Colloque, Kyoto. Vevey, Suiza, ASIC. Acts, p. 574-583.
- Orozco-Castillo, C., Chalmers, K.J., Waugh R., and W. Powell. 1994. Detection of genetic diversity and selective gene introgression in coffee using RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 87: 934-940
- Peña, M.X. 1994. Evaluación fenotípica y genética para la resistencia al nemátodo *Meloidogyne incognita* en Híbridos de *Coffea canephora*. Tesis de Master. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 78p.
- Rodríguez, C.J. 1992. Pathology & Improvment of coffee for the main deseases. Contract TS2 0259-P de la CEE. In Fifth scientific report, 1st May- 31 october 1992.
- Sierra Sanz, C.A. 1995. Control de la roya del cafeto con base en niveles de infección y su efecto en la producción. CENICAFE, Chinchina. Colombia, Vol. 46, 2, 11 p.
- Uribe, A. 1958. El cultivo del café al sol en Colombia. Revista cafetalera de Colombia. 134: 31-34.
- Villain, L., Sarah J.L., Decazy B., Molina A., and S.Sierra. 1996. Evaluation of grafting on

- Coffea canephora* var. Robusta and chemicals treatment for control of *Pratylenchus* sp. en *C. arabica* cropping systems. Third International nematology congress, abstracts of posters, p.155.
- Van der Vossen, A.M. 1985. Coffee selection and breeding , *In* Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. Clifford, (M.N.) & Wilson ( K.C.), Ed., AVI, Westport, CT, 1985, Chap. 3.
- Van der Vossen, H.A.M., and D.J.Walyaro. 1980. Breeding for resistance to coffee berry disease in *Coffea arabica* L. II. Inheritance of the resistance. *Euphytica* 29: 777-791.

Bertrand B., Etienne H., Santacreo R., Anzueto F., Anthony François. (2000).

El mejoramiento genetico en America Central.

In : Riede C.R. (ed.), Sera T. (ed.), Soccol C.R. (ed.), Roussos Sevastianos (ed.). Anais do 3 Seminario internacional sobre biotecnologia na agroindustria cafeeira = Proceedings of the 3rd international seminar on biotechnology in the coffee agroindustry.

Londrina, PR (BRA) ; Montpellier : IAPAR ; IRD, p. 231-243.

SIBAC : International Seminar, 3., Londrina, PR (BRA), 1999/05/24-28.