

UTILIZACION DEL HIBRIDO TRIPLOIDE DE *Coffea arabica* POR *C. canephora* EN CRUZAMIENTOS INTERESPECIFICOS

Francisco Javier Orozco-Castaño *

INTRODUCCION

Cuando se quiere incorporar a una especie cultivada las características de rusticidad, resistencia a plagas ó enfermedades y vigor de otras especies del mismo género, se recurre a los cruzamientos interespecíficos. Si el número cromosómico de las especies que se quiere cruzar es igual, los problemas para obtener híbridos fértiles son, por lo general, menores; pero si las especies tienen diferente número cromosómico el proceso se complica, debido a que los híbridos resultantes son frecuentemente estériles. Para mejorar la fertilidad de los híbridos, se recurre a la duplicación artificial del número cromosómico, antes o después de hacer los cruzamientos.

En café se ha buscado incorporar, especialmente, las características de resistencia a roya, de la especie diploide ($2n = 22$ cromosomas) *Coffea canephora*, a las variedades comerciales de la especie tetraploide *Coffea arabica* ($2n = 44$ cromosomas), recurriendo a varios sistemas de hibridación, los cuales pueden resumirse como sigue:

Cruzamiento entre las especies *C. arabica* x *C. canephora*, obtención del híbrido triploide y retrocruzamientos a *C. arabica*, sin duplicación de cromosomas (método 1).

Duplicación cromosómica artificial de la especie diploide (*C. canephora*); cruzamiento de los tetraploides artificiales de *C. canephora* con *C. arabica* y retrocruzamiento posterior de los híbridos, hacia *C. arabica* (método 2).

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

Cruzamiento entre las especies *C. arabica* y *C. canephora*, produciéndose el híbrido triploide; duplicación cromosómica artificial de éste, obtención de plantas hexaploides y retrocruzamientos a *C. arabica* (método 3).

El primer método fue descartado en los centros experimentales de varios países, por la casi completa esterilidad del híbrido triploide y la dificultad de obtener retrocruzamientos dirigidos (3, 6, 10).

El segundo sistema ha sido el de más amplia difusión y uso, especialmente en Costa de Marfil (2, 3), y en el Brasil (7), en donde se han obtenido, por este método, los híbridos denominados "Arabusta" e "Icatú", respectivamente.

El método 3 no se usa actualmente en trabajos de hibridación interespecífica en café. Aún cuando se utilizó inicialmente en algunas estaciones experimentales, no se cita en la literatura revisada la razón por la cual no se trabajó más con este sistema, a pesar de la recuperación de la fertilidad del híbrido, al duplicar sus cromosomas (5). Esta vía ofrece mayores dificultades que la duplicación previa del diploide *C. canephora*. En Cenicafé se iniciaron los trabajos de hibridación interespecífica siguiendo este método pero los árboles provenientes del retrocruzamiento con el híbrido hexaploide, aunque buenos en cuanto a fertilidad, fenotipo y vigor, resultaron muy similares entre sí y pertenecientes al grupo E de resistencia a roya, según las pruebas hechas en Portugal (1). Aun cuando no se ha probado la resistencia del *C. canephora* progenitor, no era de esperarse que de un cruzamiento interespecífico resultase un material tan homogéneo en todas sus características.

Basados en observaciones preliminares hechas en Cenicafé, las que mostraron algunas diferencias en la fertilidad de los híbridos triploides y sus progenies, con relación a lo registrado en otros países, se programó el presente estudio, con el propósito de evaluar, en algunos materiales introducidos a Colombia, la viabilidad de los cruzamientos entre las especies *C. arabica* y *C. canephora*, siguiendo la vía de los híbridos triploides sin duplicación de cromosomas, y de discutir genéticamente la factibilidad de uso de estos híbridos, en un programa de hibridación interespecífica, comparándolo con los métodos que utilizan la duplicación de cromosomas.

MATERIALES Y METODOS

Los diferentes cruzamientos y retrocruzamientos, realizados durante las floraciones del primer trimestre de 1975 se describen a continuación:

Híbridos F₁.

Se cruzaron 22 árboles de *C. canephora*, pertenecientes a 10 introducciones, con 6 árboles de *C. arabica* Var. Caturra amarillo, utilizando como progenitor femenino la especie

C. arabica. Se polinizaron 1134 flores en total.

Retrocruzamientos de *C. arabica* por el híbrido triploide.

Se retrocruzaron 15 árboles triploides, progenie de dos árboles de *C. canephora* cruzados por *C. arabica* en 1966, con 6 árboles de *C. arabica* Var. Caturra amarillo. Fueron polinizadas, con los triploides, 925 flores de la variedad caturra.

Retrocruzamientos del híbrido triploide por *C. arabica*

Se hicieron retrocruzamientos en 8 árboles triploides utilizándolos como progenitor femenino, con polen de 8 árboles de la variedad Caturra amarillo. Se trataron 1170 flores.

Las variables registradas durante el ensayo fueron: número de flores polinizadas, ovarios y frutos desarrollados, semillas germinadas y plántulas con 6 meses en el almácigo.

La semilla de los cruzamientos y retrocruzamientos se hizo germinar en cámaras húmedas y una vez emitida la radícula se pasaron a vasos con arena lavada y pretratada con PCNB. En estos vasos se tuvieron las plántulas durante 2 ó 3 meses, bajo condiciones de laboratorio, dependiendo del vigor y el estado de desarrollo de las mismas.

Debido al tamaño tan reducido del endospermo, especialmente en las semillas híbridos F₁ (figura 1), fue necesario adicionarle a las plántulas solución nutritiva de Hoagland, durante el tiempo que permanecieron en los vasos (figura 2).

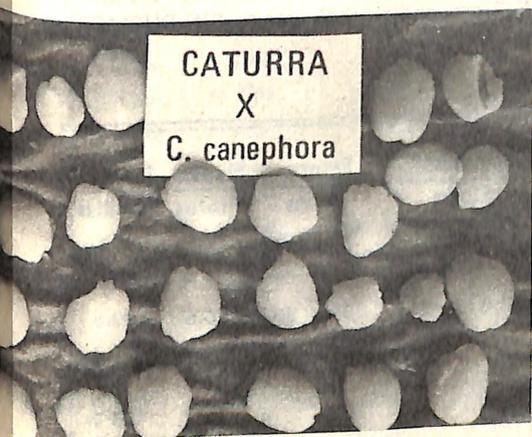


FIGURA 1.- Muestra de semillas triploides producidas al cruzar la variedad Caturra de *C. arabica* x *C. canephora*. Nótase el desarrollo deficiente del endospermo y su tamaño variable.



FIGURA 2.- Comparación del desarrollo de los híbridos con las plantas provenientes de semilla normal. Obsérvese el tamaño reducido de los híbridos y el poco desarrollo de sus cotiledones (plántulas F₁).

RESULTADOS

En las tablas 2, 3 y 4 se presentan los datos obtenidos para cada cruzamiento, desde número de flores polinizadas hasta plántulas con 6 meses de edad. En la tabla 1 se resumen los datos totales y promedios.

Híbridos F₁.

Se observa que en los cruzamientos F₁, el porcentaje de frutos y semillas producido es alto, o sea que el pegamiento de los cruzamientos fue bueno, en la mayoría de los casos.

Un 300/o de las semillas germinadas se desarrolló en plántulas, relativamente normales; se observó una gran variedad de tipos de plantas, la mayoría de ellas con aspecto más cercano a *C. arabica* que a *C. canephora*. Sólo uno de los cruzamientos (proveniente del árbol N^o 93 de la introducción BP-358 de *C. canephora*) produjo sus plántulas con fenotipo similar al de *C. canephora*.

En la tabla 2 puede verse que tanto el porcentaje de pegamiento de los cruzamientos como la viabilidad de la semilla es variable; el porcentaje de plantas obtenido, respecto al número de semillas germinadas, fluctúa entre 0 y 1000/o.

TABLA 1.- PORCENTAJES PROMEDIOS CALCULADOS PARA FRUTOS, SEMILLAS Y PLANTAS OBTENIDOS EN CRUZAMIENTOS DE *C. canephora* por *C. arabica*, SIN DUPLICACION DE CROMOSOMAS.

Cruzamiento*	Flores Polinizadas N ^o	Frutos		Semillas**		Plantas		Plantas		Plantas
		Flores 0/o	N ^o	Flores 0/o	N ^o	Flores 0/o	N ^o	Frutos 0/o	Semillas 0/o	
(F ₁) Arabica x Canephora	1134	73.1	829	75.0	851	22.4	254	30.6		29.8
(R ₁) Arabica x Triploide	925	9.0	83	5.9	55	4.9	45	54.2		81.8
(R ₁) Triploide x Arabica	1170	4.8	56	0.6	7	0.5	6	10.7		85.7

* El primer progenitor escrito actua como madre (receptor).

** Semillas que germinaron.

TABLA 2.- CRUZAMIENTOS F₁ ENTRE ARBOLES DE *Coffea arabica* Var. CATURRA Y *C. canephora*. NUMERO Y PORCENTAJE DE FLORES, FRUTOS, SEMILLAS Y PLANTAS.

Cruzamiento	Flores	Frutos		Semillas	Plantas en	
	polinizadas	desarrollados		germinadas	almácigo *	
	Nº	Nº	o/o	Nº	Nº	o/o **
Cat. x Can - 11	63	46	73	55	11	20
" x " - 14	22	10	45	7	0	0
" x " - 14	40	36	90	26	12	46
" x " - 42	26	23	88	26	12	46
" x " - 73	23	17	74	12	0	0
" x " - 73	109	97	89	79	9	11
" x " - 92	18	16	89	8	0	0
" x " - 93	52	47	90	48	48	100
" x " - 93	32	20	63	29	28	97
" x " - 97	41	20	49	31	3	10
" x " - 115	55	4	7	2	0	0
" x " - 115	41	37	90	47	2	4
" x " - 129	45	39	87	40	4	10
" x " - 129	39	31	79	34	5	15
" x " - 131	52	46	88	53	24	45
" x " - 151	21	12	57	23	1	4
" x " - 162	10	7	70	4	0	0
" x " - 206	18	16	89	19	2	11
" x " - 224	24	22	92	23	0	0
" x " - 224	99	54	55	57	0	0
" x " - 226	10	10	100	6	2	33
" x " - 231	31	24	77	29	15	52
" x " - 239	95	75	79	87	49	56
" x " - 241	40	31	78	20	1	5
" x " - 242	33	28	85	23	0	0
" x " - 263	22	15	68	8	0	0
" x " - 322	24	15	63	18	5	28
" x " - 330	19	11	58	11	3	27
" x " - 330	30	20	67	26	18	69
Totales y promedios	1134	829	73.1	851	254	23.8

* Plantas de 6 meses, en el almácigo.

** Porcentaje de plantas respecto al número de semillas germinadas.

TABLA 3.- RETROCRUZAMIENTOS R₁ DE *C. arabica* Var. CATURRA POR EL HIBRIDO TRIPLOIDE (♂). NUMERO Y PORCENTAJES DE FLORES, FRUTOS, SEMILLAS Y PLANTAS.

Cruzamiento	Flores	Frutos		Semillas	Plantas en	
	polinizadas Nº	desarrollados Nº	o/o	germinadas Nº	almácigo Nº	o/o *
Cat. x Trip. CV - 1	28	0	0	-	-	-
" x " CV - 2	44	1	2.3	0	-	-
" x " CV - 3	69	2	2.9	1	0	0
" x " CV - 4	98	3	3.1	4	4	100
" x " CV - 5	13	0	0	-	-	-
" x " CV - 5	59	3	5.1	4	3	75
" x " CV - 6	61	10	16.4	5	5	100
" x " CV - 8	47	6	12.8	5	5	100
" x " CV - 9	60	5	8.3	3	3	100
" x " CV - 10	87	8	9.2	5	4	80
" x " CV - 11	68	7	10.3	6	6	100
" x " CV - 12	90	2	2.2	3	3	100
" x " CV - 13	49	4	8.2	3	2	67
" x " M - 32	55	12	21.8	10	10	100
" x " M - 34	44	10	22.7	2	0	0
" x " M - 38	53	10	18.9	4	0	0
Totales y promedios	925	83	9.0	55	45	70.9

* Porcentaje de plantas respecto al número de semillas germinadas.

Parece haber cierta afinidad entre determinados árboles de *C. canephora* y las plantas de *C. arabica* utilizadas. Los árboles de *C. canephora* N^{os}. 93, 231, 239 y 330 fueron los que mayor porcentaje de plantas produjeron, respecto al número de flores polinizadas; en tanto que en algunos cruzamientos no se obtuvo ninguna planta, tal es el caso del árbol 224 de *C. canephora*, con 123 flores tratadas, no produjo ningún híbrido.

Retrocruzamiento (R₁) de *C. arabica* por híbrido triploide.

En cuanto a los retrocruzamientos, tomando como progenitor femenino la variedad Caturra de *C. arabica*, se observa que el número de frutos desarrollados y de semillas que germi-

TABLA 4.- RETROCRUZAMIENTOS R₁ DEL HIBRIDO TRIPLOIDE (♀), POR *C. arabica* Var. CATURRA. NUMERO Y PORCENTAJES DE FLORES, FRUTOS, SEMILLAS Y PLANTAS.

Cruzamiento	Flores	Frutos		Semillas	Plantas en	
	polinizadas Nº	desarrollados Nº	o/o	germinadas Nº	Nº	o/o*
Trip. CV - 1 x Cat.	143	4	2.8	0	—	—
" CV - 1 x "	156	6	3.8	1	1	100
" CV - 1 x "	89	4	4.5	0	—	—
" CV - 2 x "	64	3	4.7	0	—	—
" CV - 2 x "	27	0	0	—	—	—
" CV - 3 x "	115	9	7.8	1	0	0
" CV - 3 x "	46	1	2.1	0	—	—
" CV - 3 x "	24	11	45.8	0	—	—
" CV - 4 x "	11	0	0	—	—	—
" CV - 5 x "	42	1	2.4	1	1	100
" CV - 8 x "	66	0	0	—	—	—
" CV - 12 x "	129	2	1.6	0	—	—
" CV - 12 x "	79	6	7.6	3	3	100
" CV - 13 x "	25	0	0	—	—	—
" CV - 13 x "	154	9	5.8	1	1	100
Totales y promedios	1170	56	5.9	7	6	80.0

* Porcentaje de plantas respecto al número de semillas germinadas.

nan es en general bajo (tabla 3): de 925 flores polinizadas sólo 83 ovarios (9^o/o), se desarrollaron en frutos y de 83 frutos desarrollados, germinaron 55 semillas (33^o/o de las semillas posibles). En los híbridos F₁ el 51^o/o de las semillas esperadas germinó normalmente.

En los retrocruzamientos, el 71^o/o de las semillas germinadas se desarrolló en plantas de almácigo más o menos normales, en tanto que en la F₁ el porcentaje de semillas germinadas que llegó hasta plantas fue bajo (24^o/o).

Como se anotó en los híbridos F₁, también en los retrocruzamientos se presenta variación amplia entre árboles; de 0 a 23^o/o en los frutos desarrollados respecto a las flores polinizadas y de 0 a 100^o/o en las plantas obtenidas respecto a las semillas germinadas.

Retrocruzamiento (R_1) del híbrido triploide por *C. arabica*.

Tanto el número de semillas viables como el de plántulas obtenidas fue muy bajo; de 1170 flores polinizadas sólo se desarrollaron 6 plántulas (tabla 4).

Como en el caso anterior, hay un comportamiento diferente de árbol a árbol, y las pocas semillas que germinan se desarrollan casi todas en plantas (6 de 7).

DISCUSION

En Cenicafé, los resultados obtenidos siguiendo el método de cruzamientos y retrocruzamientos sin duplicación de cromosomas, difieren de los datos registrados en otros países, en donde se descartó este sistema, debido a la escasa o casi nula fertilidad de los híbridos triploides y a que los retrocruzamientos dirigidos eran muy difíciles de obtener (3, 6). Por ejemplo, en los retrocruzamientos a *C. arabica*, en cualquier dirección, hechos en el Brasil únicamente el 10% de las flores polinizadas se desarrolló en frutos (6). Trabajos posteriores hechos en Campinas mostraron resultados similares, como puede observarse en la tabla 5. Los promedios generales obtenidos en Cenicafé (tabla 1) son más altos que los registrados en el Brasil, en todos los casos.

Cruzamientos recientes hechos entre 29 árboles de *C. canephora* y 10 árboles de *C. arabica* Var. Caturra, muestran tendencia similar a la descrita en el presente ensayo; de un total de 4044 flores tratadas se tienen 2420 frutos en desarrollo, es decir hubo 60% de pegamiento, con variación entre 21 y 88%.

Utilizando la afinidad aparente de algunos de los árboles de *C. canephora* para producir buen número de semillas fértiles y complementando este hecho con un manejo especial de las semillas y de las plántulas F_1 , es posible obtener material híbrido abundante. Estos materiales, a su vez, aprovechando la variación existente en cuanto a fertilidad del polen, como ya se consignó en trabajo anterior (8), y la posibilidad de conseguir retrocruzamientos dirigidos tal como se demuestra en el presente ensayo (tabla 3), harían posible la utilización en nuestro medio, de este método de hibridación entre *C. canephora* y *C. arabica*.

Teniendo en cuenta la posibilidad demostrada aquí de realizar cruzamientos y retrocruzamientos sin hacer uso de la duplicación cromosómica, a continuación se analizan las ventajas genéticas teóricas que tienen, en la hibridación interespecífica en café, los retrocruzamientos a partir del híbrido triploide sin duplicación de cromosomas, en comparación con los métodos que utilizan la duplicación cromosómica.

TABLA 5.- DATOS SOBRE LA VIABILIDAD DE LOS CRUZAMIENTOS ENTRE *Coffea arabica* (A) Y *C. canephora* (C) Y LOS RETROCRUZAMIENTOS (BC) POR *arabica* (CAMPINAS - BRASIL) *.

Cruzamiento	Flores Nº	Frutos flores o/o	Semillas ovulos o/o	Plantas semillas o/o	Plantas ovulos o/o
C(2n) x A	2609	15.7	7.6	4.3	0.3
C(4n) x A	449	34.3	23.3	34.5	8.0
A x C (2n)	2670	26.6	11.6	4.1	0.5
A x C (4n)	633	18.6	11.1	35.5	4.0
BC ₁	317	39.4	28.9	44.8	12.9
BC ₁	1356	10.1	6.6	48.6	3.2

* MORENO R., G. Notas sobre la visita al Instituto Agronómico de Campinas. 1974 (Comunicación personal).

El objetivo principal de los investigadores franceses (2,3) es mejorar la especie *C. canephora* incorporándole las características de buena calidad del *C. arabica* y conservando la resistencia a roya, la producción y la tolerancia a clima y suelos más o menos áridos, del *C. canephora*. Esta es la razón por la cual se sigue allí el método de la duplicación previa del número cromosómico de *C. canephora*, sin mayores preocupaciones futuras por la abundante cantidad de caracteres de *C. canephora* que puedan portar los híbridos denominados "Arabusta".

Existen diferencias citogenéticas fundamentales entre los materiales obtenidos por uno y otro método (con y sin duplicación de cromosomas):

Cuando se emplea la duplicación previa de cromosomas en la especie *C. canephora* ($2n=22$ cromosomas) se producen, entre otras, plantas con 44 cromosomas (*canephora* tetraploide CT). Los híbridos F₁ (*C. arabica* por *canephora* tetraploide) llevarán doble juego cromosómico de *C. canephora* y un juego de cromosomas (genomio) de *C. arabica*. Se tienen así plantas F₁ con mayor número (el doble) de caracteres genéticos de *C. canephora* que de *C. arabica*.

El híbrido triploide, resultante del cruzamiento sin duplicación previa de cromosomas, tiene $2n=33$ cromosomas; 22 cromosomas de *C. arabica* (un genomio o juego haploide)

y 11 cromosomas de *C. canephora* (un genomio). Ambas especies están en condiciones génicas similares, predominando, en cuanto a número cromosómico, la especie *C. arabica*.

Aun cuando hay variación amplia, los híbridos F_1 Arabusta o Icatú tienen rasgos fenotípicos que los asemejan a la especie *C. canephora* en tanto que los híbridos F_1 triploides son más parecidos a *C. arabica*.

Se entiende entonces por qué los mejoradores de *C. canephora* emplean el método de duplicación previa, para la obtención del Arabusta. En nuestro caso, para el mejoramiento de *C. arabica* sería desventajoso partir de un material con alto número de caracteres de *C. canephora*.

En los retrocruzamientos, como lo expresa Monaco (7) al referirse al Icatú, híbrido de origen similar al Arabusta, la ocurrencia de apareamiento preferencial es desconocida, aunque muy probable; si ésta ocurriese, gran proporción de los gametos producidos en la F_1 tendrían un juego completo de cromosomas de *C. canephora* y un número variable de cromosomas de *C. arabica* (7). Los retrocruzamientos sucesivos, utilizando la especie *C. arabica* como progenitor recurrente, reducirían el número de cromosomas de *C. canephora*.

En el caso más favorable, en el primer retrocruzamiento (R_1) se tendrían 11 cromosomas de *C. canephora* y 33 de *C. arabica*; en el segundo retrocruzamiento (R_2) se tendrían, por lo menos, 11 pares de *C. arabica* y un número variable de una y otra especie (7).

El apareamiento homólogo preferencial reduciría, además las posibilidades de retrocruzamiento e intercambio génico entre cromosomas de especies diferentes, es decir, en un árbol F_1 "Icatú" ó "Arabusta", los cromosomas de *C. canephora* encuentran sus homólogos para aparearse, dentro del grupo de su misma especie, ya que existen dos genomios completos de *C. canephora*; el apareamiento de cromosomas de *canephora* con cromosomas "homólogos" de la especie *C. arabica* sería menos frecuente.

Por el contrario, en el híbrido triploide hay un apareamiento forzoso entre los cromosomas de las especies, como ya se ha observado citológicamente (4,5).

Los gametos producidos por el híbrido triploide poseen número variable de cromosomas, pero al utilizar óvulos de *C. arabica* con 22 cromosomas para los retrocruzamientos, se ejerce presión de selección hacia los granos de polen del triploide, con número cercano a 22 cromosomas. Aun cuando los gametos con 22 cromosomas son escasos (5), (estos autores no encontraron ninguno en 21 células analizadas), los gametos con 22, 21 ó 20

cromosomas serían los únicos que originarían plantas más o menos fértiles al cruzarlos con *C. arabica*. De allí la necesidad de utilizar gran cantidad de polen del híbrido. Un grupo de árboles R₁ (*C. arabica* por H. triploide) muestra buena fertilidad del polen (8) y fructificación aceptable, su apariencia es de *C. arabica* y tienen 44 cromosomas ó un número cercano a 44 (9).

Después de los intercambios génicos puede ocurrir que los cromosomas de *C. arabica* se polaricen y produzcan los gametos con 20 o 22 cromosomas; el fenotipo de los retrocruzamientos indica la predominancia de los factores de *C. arabica*.

Puede deducirse que se requiere un mayor número de retrocruzamientos para reducir el número de cromosomas de *C. canephora* en los híbridos, siguiendo el método utilizado para la obtención del Icatu o el Arabusta, en comparación con el método de obtención de híbridos sin duplicación previa de cromosomas.

De otra parte, se recurre a la duplicación previa de cromosomas, en la especie diploide, para tener híbridos F₁ con alguna fertilidad, pero aún así es necesario manejar gran cantidad de material para obtener una planta fértil, de caracteres aceptables. Revisando los datos registrados por Capot (2) en sus trabajos con el "Arabusta", se aprecia que de 1.140 árboles tetraploides inducidos, de *C. canephora*, se seleccionaron los mejores e hicieron 735 hibridaciones en ambas direcciones (T x A y A x T, A = Arabica, T = Canephora tetraploide) y sólo 2 familias presentaron buena fertilidad (producción) y características del grano. Con individuos de estas familias se hicieron 10 retrocruzamientos R₁ a *C. canephora*, dos de ellos se relacionan como productores de plantas promisorias. Finalmente de 7 retrocruzamientos R₂ sólo uno parece originar árboles fértiles y de buena calidad en taza.

Respecto al Icatú, Monaco (7) reporta su gran variabilidad en cuanto a producción y a los caracteres morfológicos de las plantas, indicando que una proporción significativa de las diferencias en producción es debida a los desbalances cromosómicos.

En cuanto al éxito en la producción de híbridos a partir del *C. arabica* ^{*canephora*} tetraploide, ya se compararon los datos registrados en el Brasil (tabla 5) y en Colombia (tabla 1). En Costa de Marfil, Capot (2) reporta que fue necesario polinizar 5.4 flores, en promedio, para obtener una plántula, cuando se cruzó *C. arabica* por *C. canephora* tetraploide (A x T). En nuestro caso, sin duplicación previa, fue necesario polinizar 5 flores para tener una planta F₁ triploide y polinizar 25 flores de *C. arabica* para obtener un retrocruzamiento R₁, con el triploide. El porcentaje de germinación de las semillas F₁ (A x T) también fue bajo, 44% (2).

Puede concluirse que es deseable utilizar ambos métodos cuando se quiere tener poblaciones grandes que combinen las características favorables de una y otra especie; es

posible utilizar los híbridos triploides, con dificultades prácticas similares a las encontradas en el método de duplicación previa de *C. canephora*. El sistema que utiliza los híbridos triploides sin duplicación, ofrece ventajas genéticas teóricas sobre el método con duplicación: mayor intercambio génico entre especies y menor tiempo de trabajo en selección y retrocruzamientos.

Las observaciones hechas, acerca del apareamiento homólogo entre cromosomas de la misma especie, son válidas cuando se analiza lo que puede ocurrir en la meiosis de un árbol híbrido hexaploide (método 3). Se tienen en este caso 2 juegos cromosómicos completos de cada uno de los padres; se facilita, por esto, el que las asociaciones e intercambios génicos se realicen con mayor frecuencia entre cromosomas de una misma especie. El fenotipo de los árboles R₁ (*C. arabica* x Híbrido hexaploide) es muy similar al *C. arabica* con pocas variaciones. En Chinchiná, de 26 árboles sólo 2 muestran algunas diferencias con el progenitor de *C. arabica*. En los resultados de las pruebas de resistencia a roya, todos los árboles fueron del grupo fisiológico E, como ya se dijo (1). La alta fertilidad, producción y normalidad de los frutos unida a la homogeneidad fenotípica de estos retrocruzamientos, parece confirmar la falta de intercambio génico en los hexaploides y la producción de gametos con un juego cromosómico completo de la especie *C. arabica*.

Se reduciría entonces el trabajo de hibridación entre las especies *C. canephora* (diploide) y *C. arabica* (tetraploide), a combinar los métodos 1 y 2 siendo ventajoso para los mejoradores de *C. arabica* el uso de los híbridos triploides, sin duplicación de cromosomas (método 1).

Además podría aumentarse la población de retrocruzamientos si se siembran los híbridos triploides rodeados de las plantas de *C. arabica* que se desea los polinicen, induciendo así el cruzamiento entre los óvulos viables del triploide y el polen de *C. arabica*. Los frutos producidos en el triploide deben ser en su mayoría, producto del retrocruzamiento con los árboles fértiles.

RESUMEN

Se evaluó la viabilidad de los cruzamientos y retrocruzamientos entre árboles de las especies *C. arabica* ($2n = 44$) y *C. canephora* ($2n = 22$) sin hacer uso, para estas hibridaciones, de la duplicación cromosómica.

Se observó amplia variación dentro del material, en lo que se refiere al número de frutos desarrollados y plantas producidas pero en general los promedios registrados para estas

características fueron superiores a los encontrados para cruzamientos similares, en estaciones experimentales de otros países.

Algunos árboles *C. canephora* mostraron más afinidad que otros en los cruzamientos con *C. arabica*. Esta afinidad se expresa en mayor porcentaje de frutos desarrollados, viabilidad de las semillas y número de plantas resultantes.

Teniendo cuidados especiales con las semillas y plántulas, especialmente con la F1 triploide, tales como germinación controlada y adición de soluciones nutritivas, se puede mejorar el número de plantas por cruzamiento.

Con base en los resultados anteriores, se discuten la factibilidad de uso y las ventajas genéticas que favorecen el método que utiliza los híbridos sin duplicación cromosómica y se concluye que pueden usarse los dos métodos; híbridos triploides sin duplicación y duplicación cromosómica previa del *C. canephora*, cuando se desee crear poblaciones abundantes que combinen buen número de caracteres.

Sin embargo ofrece ventajas genéticas, a los mejoradores de *C. arabica*, el uso de los híbridos triploides, sin duplicación cromosómica. Estas ventajas se deben principalmente al menor número inicial de caracteres de *C. canephora* que poseen estos híbridos y en consecuencia, al menor número de retrocruzamientos que sería necesario realizar para obtener el material deseado.

SUMMARY

The viability of both crosses and backcrosses between *Coffea arabica* ($2n = 44$) and *C. canephora* ($2n = 22$) was evaluated, without duplication of chromosome number.

There was a wide variation within the material tested, as expressed by number of developed fruits, viability of seeds, and plants originated from the crosses. In general, the average

means recorded for the above characteristics were larger than those found in similar crosses, made in experiment stations abroad.

If seeds and seedling are properly taken care for, specially in the case of F1 triplóids, it is possible to increase the number of plants per cross. Special attention should be paid to germination and the supply of nutritive solutions.

The feasibility of the use and the genetic advantages of the method are discussed, on the basis of the above mentioned results. It is concluded that both chromosome duplication and triploid hybrids may be used as a means to create abundant populations with a combination of a good number of genes.

The use of triploid hybrids does have advantages over the chromosome duplication for the plant breeders. The main ones are the smaller number of genes of *C. canephora* in those hybrids and the less back crosses which are to be made in order to get the objectives.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BAEZA A., C. Metodología de trabajo en los materiales de cafeto para la determinación de su tipo de resistencia a la roya anaranjada. Chinchiná (Colombia), Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café, 1976. p. 21. (Informe mimeografiado).
- 2.- CAPOT, J. L'Ameloration du cafeier en Cote D'Ivoire. Les Hybrides "Arabusta". *Café, Cacao, The*, (Francia), 16(1):3-18. 1972.
- 3.- ———, DUPAUTEX, B. et DURANDEAU, A. L'Ameloration du cafeier en Cote D'Ivoire. Duplication chromosomique et hybridation. *Café, Cacao, The*. (Francia), 12(2):114-126. 1968.
- 4.- KANMACHER, P. et CAPOT, J. Sur les relations caryologiques entre *Coffea arabica* et *Coffea canephora*. *Café, Cacao, The*. (Francia), 16(4):280-293. 1972.
- 5.- KRUG, C. A. e MENDES, A.J.T. Observacoes citologicas em Coffea. IV. *Bragantia*. (Brasil), 1(6):467-482. 1941.
- 6.- MENDES, A.J.T. A hibridacao interespecifica no melhoramento do cafeeiro. *Bragantia* (Brasil), 11(10-12):297-306. 1951.
- 7.- MONACO, L. C. Coffee breeding for leaf rust resistance. In. Consulta de expertos sobre prevención de la roya del cafeto, Turrialba 27-29 de Noviembre de 1973. Informe final. Turrialba (Costa Rica), Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1973. pp. 1-22.

- 8.- OROZCO C., F. J. y CASSALETT D., C. La fertilidad y el diámetro de los granos de polen en un híbrido interespecífico en café. *Cenicafé*. (Colombia), 26(1):38-48. 1975.
- 9.- ———. Relaciones entre las características estomáticas y el número cromosómico en un híbrido interespecífico en café. *Cenicafé*. (Colombia), 25(2):33-49. 1974.
- 10.- SILVA, M. L. Melhoramento genético do cafeeiros. Duplicação cromosômica de cafeeiros diploides. Nova Lisboa, Instituto de Investigação Agronómica de Angola, 1973. 11 p. (Serie Científica No. 28).