

**OBSERVACIONES SOBRE LA POLINIZACION DE *Coffea arabica* L.  
EN LA ZONA CAFETERA CENTRAL DE COLOMBIA.**

William Jiménez-Castaño \*  
Jaime Castillo-Zapata \*\*

**INTRODUCCION**

El café arábigo es una especie predominantemente autógama en la cual, la estructura de la flor permite la autofecundación y todas las variedades son autofértiles (7). Una descripción completa de la estructura de flores e inflorescencia fué hecha por Carvalho y colaboradores (9), y se encuentran revisiones detalladas sobre biología floral, sistemas reproductivos e hibridación artificial de *Coffea arabica* en los trabajos de Krug y Carvalho (8), Carvalho y Mónaco (3), y de ésta y otras especies, en la revisión de Sybenga (16). La polinización cruzada se ha estimado en menos de 10 % según estudios efectuados con el marcador genético cera (8) en el estado de San Pablo, Brasil (2, 9). Las primeras observaciones hechas de 1945 a 1947 fueron confirmadas por información obtenida de 1954 a 1965, en la misma variedad y en otros mutantes, pero hay indicios de que la proporción de cruzamientos naturales puede variar ampliamente en lugares con clima diferente (3). El agente más importante en la polinización cruzada parece ser la gravedad, mientras que el viento y los insectos tienen menor influencia (2, 3, 14). Como puede esperarse por la influencia de la gravedad, al disminuir la distancia de siembra, aumenta el porcentaje de cruzamiento (13).

Las flores abren normalmente en la madrugada y liberan polen pocas horas después con la luz del sol (7). Pero varios autores han observado, en condiciones climáticas presumi-

---

\* La base de este artículo fueron los trabajos experimentales incluidos en la tesis de grado del autor para optar al título de Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Caldas, Manizales, Colombia, 1975.

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

blemente diferentes, que una proporción variable de flores (8.7 0/o a 18 0/o en tales trabajos) se poliniza antes de que ocurra la antesis (1, 4, 7, 15). El estigma es receptivo desde la apertura de la flor hasta tres o cuatro días después, dependiendo de las condiciones del tiempo (3). El polen, por su parte, también se encuentra perfectamente formado al tiempo de la antesis (6, 11) y puede permanecer viable por mes y medio en condiciones de baja temperatura y humedad (3, 16). El tubo polínico tarda alrededor de 24 horas en llegar al ovario (3) pero pueden presentarse grandes fluctuaciones en la duración de este tiempo (12).

El tiempo disponible para las labores de polinización artificial (emasculación, recolección del polen y polinización) es corto. En la región central de la zona cafetera colombiana las floraciones que originan el 80 0/o de la cosecha ocurren de enero a marzo (5), pero solamente dos o tres de ellas son útiles para estas labores por la cantidad de flores abiertas. En cada floración copiosa el trabajo se concentra en dos o tres días útiles y, cuando el número de cruzamientos es voluminoso, el tiempo y la mano de obra experta para ejecutarlos son insuficientes.

Los porcentajes medios de fructificación obtenidos con polinización artificial en Colombia han sido superiores a 60 0/o y pueden considerarse altos al comparar con otros registrados en el Brasil (3). Sin embargo, se presentan fluctuaciones considerables, especialmente en los cruzamientos, cuyas relaciones con las condiciones de clima (7) conviene esclarecer.

Es, pues, de interés aumentar el tiempo disponible para efectuar las labores de polinización y mejorar los porcentajes de fructificación, al modificar los efectos de las condiciones ambientales por medios artificiales. Con estas finalidades se ejecutaron una serie de observaciones tendientes a obtener información sobre los siguientes aspectos:

- 1.- Porcentajes comparativos de fructificación obtenidos en polinización natural, autopolinización controlada y cruzamiento artificial, en igualdad de condiciones ambientales.
- 2.- Anticipación a la antesis con que es posible emasculación sin perjudicar el desarrollo del pistilo.
- 3.- Proporción de flores polinizadas naturalmente con antelación a la antesis.
- 4.- Anticipación a la antesis con que se puede recolectar las flores que suministran el polen sin que se afecte su desarrollo.

Durante el desarrollo de estas observaciones fué necesario investigar las causas probables de algunos hechos que se hicieron notorios, especialmente en lo relacionado con la temperatura de los recipientes protectores de las flores y el desarrollo aparente de

éstas y la ocurrencia de dehiscencia de las anteras. Estos aspectos constituyen parte saliente del presente trabajo.

## MATERIALES Y METODOS

Las observaciones en que se basa el presente trabajo se hicieron en siete experimentos y algunos ensayos de menor alcance, durante las floraciones de 1974 y 1975. La fecha de ejecución, la finalidad particular de cada experimento y los detalles de diseño se registran en la tabla 1.

En otros tres ensayos se observó el porcentaje de germinación del polen obtenido en el experimento 7; se estimó la fructificación cuando se poliniza varios días después de la antesis y se determinó el efecto del sombreamiento sobre el porcentaje de fructificación.

Todos los experimentos se evaluaron por el porcentaje de flores, tratadas de diferente manera, que produjeron frutos. En el experimento 2 se calculó, además, el porcentaje de granos caracoles sobre el número de semillas producidas, teniendo en cuenta que algunos frutos tenían tres de ellas.

Los experimentos se realizaron en Cenicafé, en árboles de la variedad Borbón, excepto el experimento 5, que se hizo en la variedad Murta.

Los métodos para el manejo de las flores fueron los siguientes:

**Selección de las flores.**- Estas se escogieron de acuerdo con su tamaño y coloración. Se obtenían muestras uniformes eliminando las flores que se apartaban de las características medias. Así fué posible seleccionar flores que abrieron de 5 a 2 días después de escogidas. Cada día, desde cinco antes de la antesis, se ejecutaba el tratamiento propuesto y se dejaba una muestra o testigo para comprobar el día de la apertura.

**Emasculación.**- Consistió en eliminar la corola, a la cual van adheridas las anteras. La corola se rompe por el tubo, con un ligero doblamiento del botón, sin ayuda de instrumentos, y se retira, dejando el pistilo descubierto. Cuando se emascula con cuatro o cinco días de anticipación a la apertura es necesario hacer una pequeña incisión en el tubo con una cuchilla afilada, lo que facilita su rotura y separación.

**Polinización.**- Se aplicó el polen a los estigmas, directamente de las flores polinizadoras. Para ello se emplearon unas pinzas de 18 cm de longitud. La polinización se efectuó el día de la antesis, excepto en un ensayo diseñado para evaluar la polinización con varios días después de la apertura.

TABLA 1.- CARACTERISTICAS DE LOS EXPERIMENTOS DISEÑADOS PARA ESTUDIAR LA POLINIZACION DE C. ARABICA EN LA ZONA DE CHINCHINA.

Experimento	Fecha	Finalidad	Material observado		Diseño
			Ramas por tratamiento	Flores por rama	
1	21-I-74	Establecer porcentajes de fructificación comparativos para la polinización natural, la autofecundación controlada y el cruzamiento artificial.	26	50	Bloques al azar; dos ramas por parcela.
2	24-I-75	La misma, para autopolinización y polinización controlada.	29-20	30	Completamente al azar; una rama por parcela.
3	13-II-75	<i>Idem.</i>	19-20	30	<i>Idem.</i>
4	15-III-74	Evaluar la emasculación hecha 4, 3 y 2 días antes de la antesis contra la polinización natural.	11	30	Bloques al azar; una rama por parcela.
5	28; 30-V-74	Evaluación de la frecuencia de la fecundación de flores antes de la antesis.	9	20	Completamente al azar; una rama por parcela.
6	24-I-75	<i>Idem.</i>	9	50	<i>Idem.</i>
7	9-III-74 5-I-75	Evaluación del desarrollo de las flores recolectadas con 5 a 1 día de antelación en la antesis.	5 4	60 40	Bloques al azar.

Protección de las flores.- Para evitar la contaminación con polen extraño, se cubrieron durante 15 días las flores emasculadas y polinizadas, con bolsas de papel que protegían la parte de la rama utilizada en el tratamiento.

Conservación de las flores polinizadoras.- Las ramas recolectadas con varios días de antelación a la apertura floral, se llevaron al laboratorio; se colocaron con el extremo en un recipiente con agua y se cubrieron con bolsas de polietileno para evitar la transpiración. En otros casos se recolectaron las flores separadas de la rama con un día de anticipación y se colocaron en cámara húmeda, en cajas de Petri, en las cuales abrieron al día siguiente.

Germinación del polen.- Las pruebas de germinación se hicieron en una mezcla de sacarosa al 10 0/o y de agar al 0.2 0/o. La mezcla se colocó en vidrios de reloj y la siembra del polen se hizo pasando sobre la superficie del líquido cuatro anteras. La lectura del polen germinado (tubo polínico mayor de tres veces el diámetro del grano de polen) se hizo seis horas después.

Clasificación del desarrollo de las flores por el color.- Se empleó la tabla 17 del Diccionario del color de Maerz y Paul (10). Esta tabla clasifica el color verde en rectángulos, cuya intensidad varía en dos sentidos: horizontalmente se intensifica hacia la derecha por incremento del componente amarillo del dicho color verde; verticalmente aumenta el componente azul. Así el extremo superior izquierdo es blanco y el rectángulo inferior derecho presenta la máxima intensidad. Los colores en esta tabla no tienen mezcla de gris.

Para la expresión en forma cuantitativa del color se emplearon las siguientes equivalencias:

Color	Equivalencia
3J	50
2 J-1	40
2 G-H	30
(1-2) D-E-F	20
1 B-C	10

## RESULTADOS Y DISCUSION

### PORCENTAJE DE FRUCTIFICACION EN CONDICIONES DE POLINIZACION NATURAL Y CONTROLADA.

En la tabla 2, que agrupa los resultados de cuatro experimentos, se observan porcentajes de fructificación altos (92 0/o) para las ramas polinizadas naturalmente; medianos (80.9 0/o) para la autopolinización controlada y bajos (67.2 0/o) para los cruzamientos.

Estas cifras sugieren que tanto el aislamiento de las ramas con bolsas de papel, como la polinización artificial realizada, causaron reducciones en los porcentajes de fructificación, pues las diferencias entre tratamientos fueron significantes en todos los experimentos.

La variación dentro de los tratamientos fué baja en la polinización natural, alta para los cruzamientos y mediana para la autopolinización controlada (tablas 3 y 4). Puede verse en la tabla 3 que los porcentajes de fructificación en la polinización natural, observados en 71 ramas, estuvieron entre 80 y 100, en el 93 % de las observaciones. En contraste, la autofecundación controlada tuvo los porcentajes de fructificación muy dispersos, en el intervalo de 27 a 100 % y, en 6 casos de 75, estos porcentajes fueron menores de 61 %. En los cruzamientos esta dispersión fué más acentuada, con un número grande de porcentajes por debajo de 61 %.

TABLA 2.- PORCENTAJES DE FRUCTIFICACION EN POLINIZACION NATURAL Y BAJO CONDICIONES CONTROLADAS, EN CHINCHINA.

Experimento y fecha	Ramas por tratamiento	Polinización natural	Autopolinización controlada	Cruzamiento
1) Enero 21/74	26	93.7(a)	80.5(b)	66.8(c) ***
2) Enero 24/75	29	96.2(a)	77.5(b)	
3) Febrero 13/75	20	96.5(a)	84.8(b)	
4) Marzo 15/74*	33-11**	84.1(a)	—	67.6(b)

\* Datos provenientes de un experimento sobre tiempo de emasculación.

\*\* Número de ramas correspondiente al tratamiento de polinización natural y de cruzamiento, respectivamente.

\*\*\* Prueba de Duncan.

Las varianzas de las observaciones "dentro" de tratamientos (tabla 4), confirman claramente lo anterior, pues en la polinización natural fueron más bajas comparadas con las correspondientes a la autopolinización controlada y al cruzamiento artificial.

Esta mayor variación indica que causas locales en cada rama con polinización controlada producen bajas ocasionales en el porcentaje de fructificación. El empleo de bolsas de papel para aislar las ramas, limita o anula, desde luego, la acción de los agentes polinizadores: gravedad, viento e insectos. Pero las grandes diferencias entre ramas sugieren que actúan otras causas locales, ya que tales agentes debieran tener un efecto similar en todas las ramas.



TABLA 3.- DISTRIBUCION DE LOS PORCENTAJES DE FRUCTIFICACION OBSERVADOS EN RAMAS POLINIZADAS NATURALMENTE Y EN FORMA CONTROLADA.

Porcentajes de fructificación	Número de ramas								
	Polinización natural				Autopolinización controlada			Cruzamiento artificial	
	Experimentos				Experimentos			Experimentos	
	1	2	3	4	1	2	3	1	4
91 - 100	20	18	19	2	9	8	1	2	5
81 - 90	6	1	1	5	5	7	14	7	10
71 - 80	0	0	0	3	5	5	4	5	2
61 - 70	0	1	0	1	5	5	1	4	3
Menos de 61	0	0	0	0	2	4	0	8	13
Total ramas	26	20	20	11	26	29	20	26	33

	Porcentajes de fructificación								
Extremos	100	100	100	100	98	100	93	94	94
Observados	86	70	87	69	42	27	73	18	13

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA POLINIZACION CONTROLADA

Entre las causas más probables de la baja fructificación en condiciones controladas está la temperatura que puede subir considerablemente dentro de las bolsas de papel que se usan como aisladores. Una observación de ésta y de la humedad relativa en días despejados, nublados y lluviosos, con alta, mediana y baja insolación respectivamente, mostró que el principal cambio dentro de las bolsas protectoras con relación a las condiciones ambientales, era un drástico aumento de la temperatura. En la tabla 5 se presentan las

TABLA 4.- VARIANZA DE LOS PORCENTAJES DE FRUCTIFICACION "DENTRO" DE LOS TRATAMIENTOS DE POLINIZACION.

Experimento y fecha	Tipo de polinización						F <sub>5%</sub>
	Natural		Autopolinización controlada		Cruzamiento		
	GL	CM	GL	CM	GL	CM	
1) Enero 21/74	13	19.6	13	127.9	13	208.2	2.6
2) Enero 24/75	19	65.2	28	227.1	—	—	2.1
3) Febrero 13/75	19	14.7	19	99.1	—	—	2.2
4) Marzo 15/74	10	88.9	—	—	33	252.0	2.7

TABLA 5.- TEMPERATURAS OBSERVADAS DENTRO Y FUERA DE LAS BOLSAS DE PAPEL, EMPLEADAS PARA PROTEGER LAS RAMAS POLINIZADAS, EN DIAS CON DIFERENTE INSOLACION.

Hora	Día despejado		Día nublado		Día lluvioso	
	Dentro °C	Fuera °C	Dentro °C	Fuera °C	Dentro °C	Fuera °C
11	29.5	27.5	31.0	27.0	27.0	23.5
12	28.0	24.0	31.0	28.0	27.0	25.0
13	39.0	26.0	28.0	26.0	24.0	23.5
14	45.0	29.0	27.5	27.0	23.0	23.5
15	42.0	28.0	25.5	25.5	24.0	23.0
16	40.5	28.0	23.0	24.0	20.0	20.0
Fecha	29-X-75		22-X-75		23-X-75	
Horas de brillo solar	6.3		3.7		1.4	

observaciones de tres días característicos entre los observados, correspondientes a las fechas 22, 23 y 29 de octubre de 1974. Puede verse que en los días nublado y lluvioso, las diferencias dentro y fuera de la bolsa no sobrepasaron los cuatro grados centígrados. En contraste, en el día despejado, la temperatura dentro de la bolsa fué superior en 13 grados a las 13 horas y subió a 16 grados a las 14 horas, manteniéndose por encima de los 40°C a las 16 horas.

La humedad relativa descendió con el aumento de temperatura, tanto fuera como dentro de la bolsa de papel, pero en forma muy marcada en la última condición (tabla 6). Este efecto está claramente relacionado con el aumento de temperatura y no puede separarse de él.

Puede suponerse que temperaturas tan elevadas perjudiquen los procesos de polinización y fecundación. En un ensayo de laboratorio se sometieron flores, en cajas de Petri con alta humedad relativa, a temperaturas variables entre 30° y 45°C, por un período de dos horas. Los porcentajes de germinación del polen tomado de estas flores, indican que a temperaturas de 40° y 45°C la viabilidad se pierde por completo (tabla 7).

Los trabajos anteriores se complementaron con la observación del porcentaje de fructificación de cinco ramas completamente expuestas a la radiación solar, escogidas en la parte exterior de los árboles de café Borbón, y otras tantas, bien sombreadas, en el interior de los mismos árboles. Las temperaturas pasaron de 40°C en las ramas expuestas, con



TABLA 6.- HUMEDADES RELATIVAS DENTRO Y FUERA DE LAS BOLSAS DE PAPEL, EMPLEADAS PARA PROTEGER LAS RAMAS POLINIZADAS, EN DIAS CON DIFERENTE INSOLACION.

Hora	Día despejado		Día nublado		Día lluvioso	
	Dentro	Fuera	Dentro	Fuera	Dentro	Fuera
11	68.40	67.06	60.20	63.33	70.15	75.30
12	45.52	75.59	57.28	60.87	66.70	68.77
13	46.27	69.47	64.12	62.51	75.59	75.30
14	50.63	61.69	67.06	56.77	83.01	71.39
15	36.62	51.50	72.72	69.13	83.43	78.96
16	33.32	54.60	74.97	75.59	100.00	100.00

TABLA 7.- PORCENTAJE DE GERMINACION DE GRANOS DE POLEN SOMETIDOS A CUATRO DIFERENTES TEMPERATURAS, DURANTE DOS HORAS.

Temperatura °C.	Porcentaje de germinación **		
	I	II	Promedios
30	79.1	62.3	70.7
35	72.0	59.4	65.7
40	0.0	0.0	0.0
45	0.0	0.0	0.0
Testigo *	69.9	79.7	74.8

\* Flores en condiciones naturales cinco horas después.

\*\* Promedio de 10 recuentos.

máximas de 49°C. En las ramas sombreadas la temperatura no sobrepasó los 28°C. El porcentaje de fructificación fué mayor en las ramas sombreadas con una diferencia de 17.6 (tabla 8).

Un indicio de que la polinización propiamente dicha se encuentra afectada por las temperaturas, se observa en el porcentaje de granos caracoles producidos en condiciones de polinización natural y autopolinización controlada, que fueron de 9.2 0/o y 14.8 0/o respectivamente, con diferencia significativa. Se observó además que la mayor fructificación corresponde a bajos porcentajes de granos caracol. La correlación calculada con datos de 22 ramas con más de 20 frutos, tuvo un valor negativo de 0.59, altamente significativo.

TABLA 8.- PORCENTAJES DE FRUCTIFICACION OBTENIDOS EN FLORES AUTOFECUNDADAS EN DOS CONDICIONES: EXPUESTAS A LA RADIACION SOLAR Y SOMBREADAS. FLORACION DEL 24-I-75.

Nº Ramas	Expuestas 0/0	Sombreadas 0/0
1	92*	84
2	54	94
3	84	82
4	48	92
5	72	86
Promedio	70.0	87.6

\* Expuesta únicamente en la mañana.

OBSERVACION DEL DESARROLLO DE LAS FLORES Y SU RELACION CON LA FECUNDACION ANTES DE LA ANTESIS.

Varios autores han comprobado, en condiciones diversas, que un número de flores se fecunda antes de producirse la antesis (1, 4, 7, 15). Lo mismo se ha observado anteriormente en las condiciones de Chinchiná. Por esta razón se trató de comprobar por medio de algunos ensayos, si la observación del desarrollo de la flor permite eliminar el riesgo de incluir en los cruzamientos flores ya polinizadas.

La observación de 168, 175 y 179 flores emasculadas cuatro, tres y dos días antes de la apertura, respectivamente, el 20-III-74, no produjeron ningún fruto. En la floración del 24-I-75 se observó un total de 449 flores, en ramas con 50 flores cada una, emasculadas dos días antes de la apertura. Tampoco se obtuvieron frutos en esta ocasión.

Las flores se seleccionaron en ambos casos por su uniformidad, en tamaño y coloración. En vista de la ausencia de frutos fecundados, se pensó que estas características podían permitir la selección de flores no fecundadas. Para comprobarlo se estudió el desarrollo de una muestra de 100 flores en un campo de cruzamientos de variedades, muy heterogéneo. De estas flores, 84 alcanzaron su desarrollo final. Los promedios de longitud de la corola, del tubo, relación de la longitud tubo-corola y el color, aparecen en la figura 1. Es notorio que la variación de las dimensiones del tubo y corola no permite una diferenciación clara del desarrollo de flores individuales. El color, por otra parte, permite distinguir únicamente las flores que requieren un día para la apertura de las que necesitan dos días o más. En efecto, las flores definitivamente blancas, que corresponden al color 1A de la tabla 17 del Diccionario del color de Maerz y Paul (10) abren al día siguiente

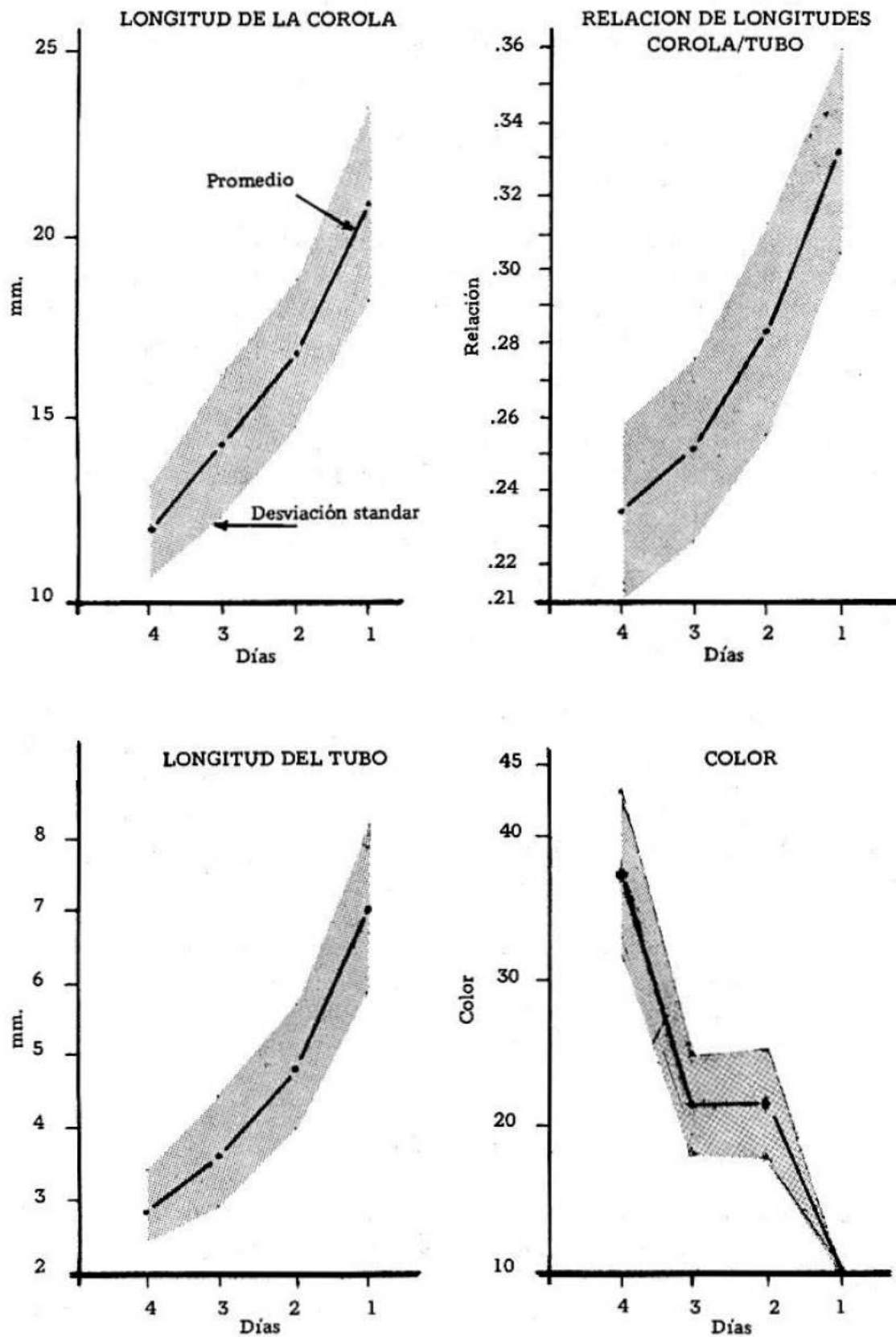


FIGURA 1.- DESARROLLO DE FLORES DE *C. ARABICA*, APRECIADO POR EL TAMAÑO DE LA COROLA, EL TUBO DE ESTA, LA RELACION DE SUS LONGITUDES Y EL COLOR DE LOS PETALOS.

y son fácilmente separables de las demás, que presentan una coloración amarillo-verdosa bien visible (1B, 1C).

Las flores blancas (1A), además presentan en un alto porcentaje anteras abiertas con polen funcional, como se aprecia en la tabla 9.

La inclusión de flores ya polinizadas puede evitarse emasculando con dos días de anticipación a la apertura, flores bien desarrolladas pero con coloración amarillo-verdosa bien definida, correspondiente a los colores de la hilera N<sup>o</sup> 2 de la lámina 17 del diccionario del color de Maerz y Paul (10). Estas coloraciones pueden distinguirse fácilmente con un poco de práctica.

Es probable que los porcentajes de polinización que varios autores han observado en flores cerradas puedan evitarse en otras regiones, comprobando el desarrollo de las flores por medio del color.

#### ANTELACION CON QUE SE PUEDE EMASCULAR

Al comparar los porcentajes de fructificación en ramas, cuyas flores fueron emasculadas 4, 3 y 2 días antes de la apertura y luego polinizadas artificialmente el día de la antesis, se observa que estos porcentajes no difieren entre sí, pero que son inferiores a los obtenidos en la polinización natural (tabla 10). Como antes se registró (tabla 4) hay una marcada variación en los tres tratamientos con polinización artificial, atribuibles probablemente a fallas en la eficiencia de esta práctica.

Podría pensarse, entonces, que la emasculación con varios días de anticipación a la antesis es conveniente. Sin embargo, la emasculación con cuatro días de antelación a la apertura de la flor no es practicable, pues el poco desarrollo de las flores dificulta la operación y si ésta no se ejecuta con cuidado un número considerable de flores se malogra.

#### RECOLECCION Y CONSERVACION DE LAS FLORES POLINIZADAS

De las observaciones hechas en marzo 14/74 y enero 9/75 se deduce que las ramas portadoras de las flores polinizadoras pueden recolectarse con cinco días de anticipación, como puede comprobarse en la tabla 11. Los porcentajes de apertura de flores fueron muy altos, pero cabe anotar que cuando la recolección de ramas se hace con cuatro o cinco días de antelación a la apertura, las corolas se desprenden con facilidad de los ovarios e interrumpen su desarrollo. A esto se deben algunos porcentajes bajos observados en la tabla 11.

TABLA 9.- RELACION ENTRE EL DESARROLLO DE LA FLOR, APRECIADO POR EL COLOR, Y APERTURA DE LAS ANTERAS.

Días antes de la apertura	Color	Relación tubo/corola	Nº Observaciones	Nº Flores Total	Nº Flores con anteras abiertas
0	1A	0.38	1	25	25
1	1A	0.34	2	61	51
1	1B-1C	0.34	4	168	0
2	2C-2B-1C-1B	0.34	1	40	0
2	2D-2E-2F	0.30	2	50	0

TABLA 10.- PORCENTAJES MEDIOS DE FRUCTIFICACION EN FLORES EMASCULADAS 4, 3 Y 2 DIAS ANTES DE LA APERTURA, EN COMPARACION CON FLORES POLINIZADAS NATURALMENTE.

Días antes a la apertura			Polinización natural
4	3	2	
60.09(b)*	76.00(b)	66.81(b)	84.09(a)

\* Promedio de 11 observaciones

Varianza del "error" (Trat. x Replic.) = 181.95 (30 G.L.)

TABLA 11.- PORCENTAJES DE FLORES ABIERTAS Y DE GERMINACION DEL POLEN, EN FLORES RECOLECTADAS CON VARIOS DIAS DE ANTELACION A LA ANTESIS.

Días antes de la apertura	Fecha de observación		Germinación del polen
	14-III-74	9-I-75	
1	—	100	64
2	96	99	48
3	96	100	43
4	91	85	51
5	—	69	45

El polen producido por las flores recolectadas hasta con cinco días de anticipación a la antesis tuvo germinación uniforme, excepto el recolectado un día antes de la apertura que presentó un porcentaje ligeramente mayor (tabla 11).

Una observación de ramas polinizadas 2, 3 y 5 días después de la apertura floral con polen conservado en refrigerador, dió porcentajes de fructificación de 56, 60 y 47 0/o,

respectivamente, comparables a los obtenidos cuando la polinización se efectuó el mismo día de la antesis. Si se adoptan métodos prácticos para el manejo del polen, es posible efectuar las polinizaciones en la semana siguiente a la apertura de la flor.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

Las observaciones realizadas indican que puede aumentarse la eficiencia en la polinización artificial y el tiempo disponible para ejecutarla.

Por una parte, los porcentajes de fructificación pueden elevarse a niveles superiores a 90 0/o, similares a los obtenidos en polinización natural, si se evita el excesivo calentamiento que sufren las bolsas de papel empleadas para aislar las flores. Para ello es necesario impedir que estas bolsas reciban directamente la radiación solar, por medio de algún tipo de sombrío artificial. También es factible usar otros materiales, preferiblemente aislantes, para fabricar las bolsas protectoras.

Por otra parte, la polinización artificial puede perfeccionarse, de tal manera que se evite el escape de flores a la polinización. Es necesario estudiar con algún detalle los factores que probablemente influyan en la polinización desigual de flores emasculadas.

El tiempo disponible para las labores de polinización artificial puede ampliarse, especialmente en la etapa de aplicación del polen. En efecto, la emasculación debe hacerse dos o tres días antes de la apertura de la flor, pues con cuatro días de antelación la operación se dificulta y un día antes, se presentan numerosas flores de color blanco que muy probablemente ya se encuentran polinizadas. En cambio, la aplicación del polen puede hacerse tres o más días después de la apertura. La adopción de esta práctica requiere, sin embargo, el estudio de métodos prácticos para el manejo del polen, pues las flores conservadas en desecador o refrigerador, se deshidratan rápidamente, y las anteras se vuelven quebradizas y difíciles de manipular, lo cual disminuye la eficiencia y rapidez del trabajo. Además, son necesarias observaciones adicionales sobre el tiempo en que la flor permanece receptiva en las condiciones de Chinchiná.

También es posible evitar la presencia de flores polinizadas antes de la apertura, al comprobar el desarrollo de las flores que se van a emascular. La observación de este desarrollo permite seleccionar aquellas que aún no han sido polinizadas y que requieren dos o tres días para su apertura. La intensidad del color amarillo-verdoso que presentan estas flores es fácil de distinguir en la práctica.

No es aconsejable, en las condiciones de Chinchiná, efectuar la emasculación un día antes de la apertura, pues, aunque es factible separar las flores aún no polinizadas de las que tienen las anteras abiertas, las cuales se distinguen por el color, esta separación es engorrosa y no completamente efectiva, cuando el número de flores es grande.



## SUMMARY

From a series of observations on natural and artificial pollination of *Arabica Coffee* in the Central Colombian Coffee Zone, it was concluded that both efficiency and operation time can be increased.

If excessive heating of paper bags is avoided, fruit-set percentages may surpass 90%, such as those observed in natural pollination. Moreover, higher fruit-set percentages can be obtained if uneven artificial pollination is shunned. Further studies are necessary on the factors which probably influence the uneven pollination of emasculated flowers.

Time available for artificial pollination may be extended, especially in the phase of pollen application. In fact, emasculation should be performed two or three days before anthesis, since with more days in advance this operation becomes difficult. On the other hand, pollen application can be made three or four days after anthesis. However, the adoption of this practice requires the development of efficient methods for pollen manipulation since anthers kept in receptacles with low relative humidity become difficult to handle. Additional observations are necessary on the time in which the stigma remains receptive in local conditions at Chinchiná.

Flowers which require two or three days to open and are not yet pollinated display a greenish yellow color. This pigmentation permits distinguishing them from those unopen flowers already pollinated, which have a pure-white color. Since this kind of flower buds are numerous one day before anthesis, it is not advisable to perform emasculation at this time under Chinchiná conditions.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- CABRERA Q., W. Estudio en polen y polinizaciones en *Coffea arabica* L. Tesis Mg. Agr. Turrialba, C. R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1962, 117 p.
- 2.- CARVALHO A. e KRUG, C. A. Agentes de polinização da flor do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Bragantia* 9(1-4):11-24, 1949.
- 3.- ——— and MONACO, L. C. The breeding of arabica coffee. In Ferwerda, F. P. and Wit, F., eds. *Outlines of perennial crop breeding in the tropics*. Wageningen, H. Veenman & Zonen, 1969. pp. 198-202 (Miscellaneous - papers no. 4).
- 4.- ELGUETA, M. Un programa de selección para *Coffea arabica*. Turrialba (Costa Rica) 1(1): 37-43. 1950.
- 5.- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, DEPARTAMENTO TECNICO. Informe de Labores Experimentales, 1957. Chinchiná, Caldas, Centro Nacional de Investigaciones de Café, 1958. 28 p.

- 6.- FRAHM - LELIVELD, J. A., MEDINA, D. M. and MENDES, A. J. T. Cytology, gametogenesis and development of seed and fruit. *In* Ferwerda, F. P. and Wit, F., eds. *Outlines of perennial crop breeding in the tropics*. Wageningen, H. Veenman & Zonen, 1969. pp. 192-195. (Miscellaneous papers no. 4).
- 7.- KRUG, C. A. Controle da polinização nas flores do cafeeiro, Sao Paulo, Brasil, Instituto Agronômico de Campinas. Boletim técnico no. 15. 1935. 12 p.
- 8.- ——— and CARVALHO, A. The genetics of *Coffea*. *Advances in Genetics* 4:127-158. 1951.
- 9.- ——— MENDES, J. E. T. e CARVALHO, A. Taxonomia de *Coffea arabica* L.; descrição das variedades e formas encontradas no Estado de Sao Paulo. Instituto Agronômico de Campinas. Boletim técnico no. 62. 1939. 17 p.
- 10.- MAERZ, A. and PAUL, M. R. A dictionary of color. New York, McGraw, 1930. 207 p.
- 11.- MENDES, A. J. T. Observações citológicas em *Coffea*. XV. Microsporogense em *Coffea arabica* L. *Bragantia* 10(3):79-87. 1950.
- 12.- ——— Velocidade de penetração do tubo polínico em *Coffea arabica* L., *Bragantia* 20(12): 495-502. 1961.
- 13.- MONACO, L. C., CARVALHO, A. e ANTUNES FILHO, H. Cruzamento natural dentro da "cova" do cafeeiro. *Bragantia* 22 (Nota no. 4) XI-XV. 1963.
- 14.- NOGUEIRA-NETO, P., CARVALHO, A. e ANTUNES FILHO, H. Efeito da exclusão dos insetos polinizadores na produção do café Bourbon. *Bragantia* 18(29):441-468. 1959.
- 15.- STOFFELS, E. La sélection du caféier arabica a la station de Mulungu. (Premières communications). Institut National pour L'Etude Agronomique du Congo Belge (I.N.E.A.C.). Serie Scientifique no. 11. 1936. 41 p.
- 16.- SYBENGA, J. Genética y citología del café. Una revisión de literatura. *Turrialba (Costa Rica)* 10(3):83-137. 1960.