

ESTUDIO MORFOLOGICO DEL DESARROLLO DEL EMBRION DE CAFE 1/

María Isabel Arcila-Pulgarín*
Francisco Javier Orozco-Castaño**

RESUMEN

Se estudiaron los distintos estados de crecimiento del embrión y se cuantificaron las dimensiones externas a partir del estado globular en la especie *C. arabica* var. Caturra, *C. canephora* y el híbrido entre ellas. Se establecieron las relaciones con el crecimiento del fruto y del endosperma. Se describen detalladamente cuatro fases definidas en el desarrollo de los embriones y el tiempo requerido por cada fase y para cada especie. Se midieron los embriones en cada estado, globular, corazón, torpedo, embrión recién diferenciado y bien diferenciado. Los embriones totalmente diferenciados difieren en forma y tamaño de una especie a otra y en el híbrido. El embrión de *C. canephora* es de mayor tamaño que el de Caturra; el del híbrido es más pequeño y de forma diferente a los progenitores, y está limitado por el desarrollo deficiente del endosperma. Los embriones de *C. canephora*, así como sus frutos requieren de mayor tiempo para un completo desarrollo. El tamaño del embrión es independiente del tamaño del fruto, pero sí depende y sucede al crecimiento del endosperma. En los embriones se desarrolla primero el hipocotilo y luego los cotiledones.

SUMMARY

ARCILA P., M. I.; OROZCO C., F. J. Estudio morfológico del desarrollo del embrión de café. Cenicafé (Colombia) 38(1-4):62-78. 1987.

The different growth stages of the embryo, were studied and its external dimensions were measured from the globular stage in *C. arabica* variety Caturra, *C. canephora* and their hybrid. At the same time, the relations between fruit and endosperm growth were established. A complete description of four definite phases in the embryos development and the required time for each phase and each species is presented. The embryos were measured in the following stages: globular, heart-shaped, torpedo-shaped, recently differentiated embryo and totally differentiated. The embryos totally differentiated, defer in form and size from one to another species and with the hybrid. The *C. canephora* embryo is bigger than Caturra; the hybrid embryo is smaller and with different form than its parents and its development is restricted because of the deficient endosperm. Both *C. canephora* embryos and their fruits require more time for a complete development. The embryo size is independent from the fruit size, but depends on and precedes endosperm development. In the embryos, first occur the development of the hypocotyl and then the cotyledons.

1/ Adaptación de un fragmento de la tesis presentada por el autor principal para optar al título de Ingeniera Agrónoma de la Universidad de Caldas - Manizales

* Dirección: Carrera 21 Nro. 62-44. - Manizales.

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

INTRODUCCION

Un factor limitativo para la hibridación interespecífica exitosa en café, son los porcentajes bajos, a veces de cero, de plantas obtenidas después de realizados los cruzamientos (Carvalho y Mónaco) (1) (1968). En algunos casos se inicia la formación del fruto pero el desarrollo escaso y anormal del endosperma limita el crecimiento del embrión y algunas veces ocasiona su aborto.

Los estudios sobre la morfología y el desarrollo del embrión en café son escasos. Mendes (4) (1942) realizó un estudio citológico sobre la formación de los órganos del fruto en *C. arabica* var. Típica y observó las primeras divisiones del cigoto y la formación del proembrión en los primeros 70 días del desarrollo del fruto. El estado globular del embrión fue mencionado por León y Fournier (2) (1962) y por Moens (5) (1968); este autor observó además embriones en forma de "escudo" en frutos de 105 días, lo que puede ser una mención del estado de corazón. León y Fournier (2) (1962) observaron embriones diferenciados, con hipocotilo y cotiledones en frutos de 120 días de la var. Típica. No se encontró ningún estudio que describa detalladamente todos los estados de desarrollo del embrión en *C. arabica*.

En *C. canephora*, Moens (5) (1968) describió los estados iniciales de desarrollo del cigoto o proembrión hasta el estado globular. No se han descrito los estados posteriores. Acerca del crecimiento de embriones híbridos no se encontró ninguna información.

Existe la posibilidad de cultivar "in vitro" los embriones de híbridos de café, como se expone en un artículo posterior; pero para iniciar estos cultivos era necesario conocer primero el estado en que se encontraba el embrión en cada etapa de crecimiento del fruto.

Es importante además conocer cada estado de desarrollo del embrión, en relación con el fruto y la dependencia con el endosperma, para futuros trabajos de viabilidad y conservación de semilla.

En el presente trabajo se estudiaron detalladamente los distintos estados de crecimiento y desarrollo del embrión y se cuantificaron las dimensiones externas del mismo a partir del estado globular, en las especies *C. arabica* var. Caturra, *C. canephora* y el híbrido entre ellas. Además se establecieron las relaciones del crecimiento del embrión con el volumen del fruto y el desarrollo del endosperma.

MATERIALES Y METODOS

En la colección de especies y variedades de café, en Cenicafé Chinchiná, se seleccionaron árboles de *C. arabica* var. Caturra y de *C. canephora* en diferentes fechas de floración (agosto 17/1984, diciembre 27/1984 y marzo 8/1985 para *C. arabica* y diciembre 27/1984 y marzo 8/1985 para *C. canephora*), se prepararon y marcaron ramas dejando en ellas sólo los botones florales desarrollados; además se realizaron cruzamientos entre estas dos especies. De las ramas marcadas y de cada material se recolectaron 30 frutos cada 15 días, hasta la maduración, desde los 90 días después de la antesis para la var. Caturra y desde los 120 días para *C. canephora* y el híbrido.

A los frutos recolectados se les midió la anchura (A), el grosor (G) y la longitud (L) en mm, medidas con las cuales se conformaron las variables: volumen ($A \times G \times L$) y la relación A/L, que se sometieron al análisis de estadística descriptiva (desviación standar (DS), promedio ($\bar{X}$) y coeficiente de variación (CV), al análisis de varianza de clasificación simple y se determinaron las tendencias a través del tiempo. Para conocer el comportamiento de cada variable, según la edad asociada a las diversas floraciones, se sometieron a un análisis de varianza combinado para cada una de las especies.

De los frutos recolectados y medidos quincenalmente se extrajeron 20 embriones y a cada uno de ellos se le midió (en mm) su longitud y se realizaron las observaciones respectivas en cambios de color, forma y consistencia; igualmente se determinaron las características del endosperma que los rodeaba.

Con las medidas del embrión se conformó la variable longitud del embrión (longitud del hipocotilo y longitud de los cotiledones) la cual se sometió al análisis de estadística descriptiva ($\bar{X}$, DS, CV) por edades, en las distintas fechas de floración y para cada una de las especies y en el híbrido. Se realizó el análisis de varianza de clasificación simple para conocer el comportamiento y la tendencia de la longitud del embrión a través de la edad del fruto, por floración y por especie. Se realizó el análisis de varianza combinado para medir las diferencias de la longitud del embrión a través de su edad asociada a las diferentes floraciones en cada especie. En los embriones diferenciados se estudió la relación entre la longitud del hipocotilo y la longitud de los cotiledones mediante un análisis de regresión y correlación.

Para medir la asociación entre el tamaño del embrión (longitud) y el tamaño del fruto (volumen y A/L) se realizó un análisis de regresión y correlación.

RESULTADOS Y DISCUSION

El embrión de la semilla del cafeto está ubicado en la parte basal del fruto, dentro del endosperma, rodeado por dos capas del mismo (Figura 1). El proceso embriogénico en café ocurre después de iniciado el desarrollo del endosperma y está sujeto a los cambios que suceden en éste a través del desarrollo del fruto. El embrión del cafeto presenta un patrón de diferenciación común a las angiospermas. Los primeros estados del embrión (globular, corazón y torpedo) están estrechamente asociados con el volumen del endosperma y su consistencia; los estados posteriores de diferenciación están ligados a los cambios de consistencia del endosperma, el cual se endurece a medida que el fruto se acerca a la maduración.

Después de la formación del cigoto, el proembrión se divide intensamente entre los 40 y los 70 días (Mendes (4), 1942) para formar un primer estado que es el globular; seguidamente adquiere la forma de un corazón, posteriormente pasa por otro estado de desarrollo denominado torpedo, luego inicia la diferenciación de sus órganos (el hipocotilo y un par de cotiledones) y finalmente tiene una etapa estacionaria de diferenciación interna.

Estado globular: Es la primera forma visible del embrión al estereoscopio; está constituido por una masa de células en forma de globo que tiene un diámetro medio de 0,3 mm y un filamento denominado suspensor, con una longitud promedio de 0,08 mm (Figura 2A).

En la variedad Caturra se hallaron embriones globulares entre los 90 (el 100%) y 100 (el 20%) días de edad del fruto (lo cual coincide con lo reportado por León y Fournier (2) (1962). En *C. canephora* se encontró este estado en frutos desde los 127 a los 135 días de edad. El endosperma que contenía estos embriones era de forma ovoide, achatada, hialino, de consistencia acuosa y cubría entre 30 y 40% de la cavidad del saco embriionario.

Estado de corazón: Se inicia cuando el embrión en estado globular empieza a desarrollar los primordios cotiledonares, observándose una hendidura en la parte apical del globo que le da la forma de corazón (Figura 2B).

La masa celular tiene una longitud promedio de 0,4 mm y el suspensor mide 0,112 mm. En el híbrido estos embriones son aplastados y el suspensor no es visible o se desprende fácilmente del embrión.

En *C. arabica* se observaron embriones en este estado entre los 100 (el 65%) y los 107 días de edad de los frutos (observación que coincide con la de Mendes (4) (1942) y quien encontró a los 105 días embriones en forma de escudo). En *C. canephora*, en frutos desde 135 días (el 50%) hasta 150 días y en los híbridos en frutos desde 120 días. En *C. ara-*

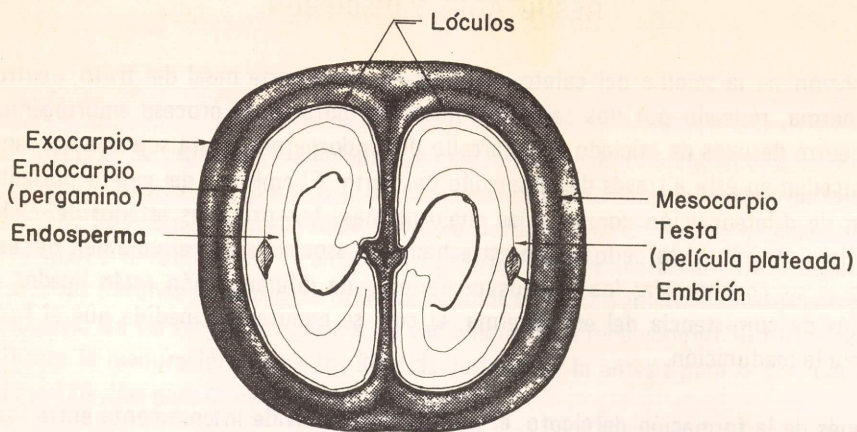


Fig. 1 - Partes del fruto de café

Corte Transversal

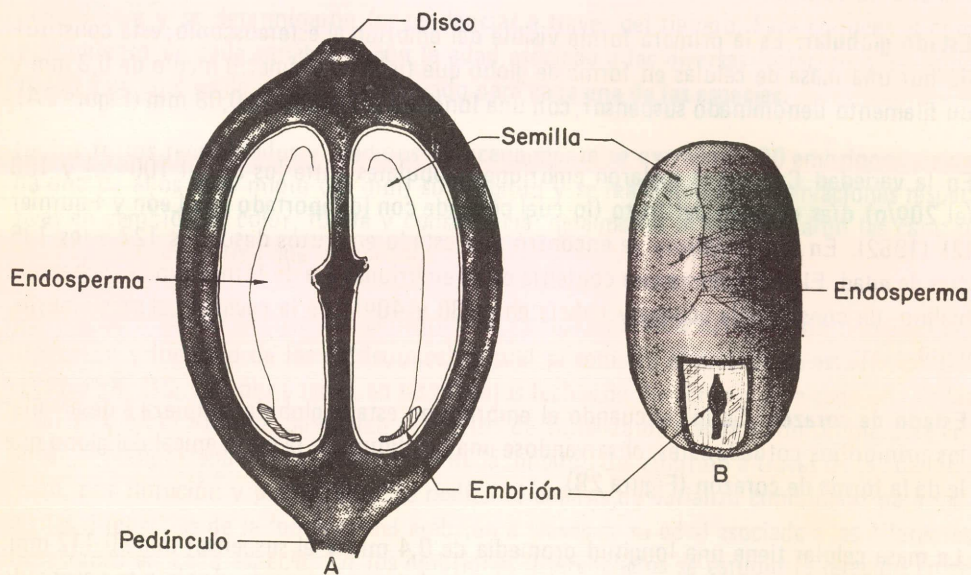
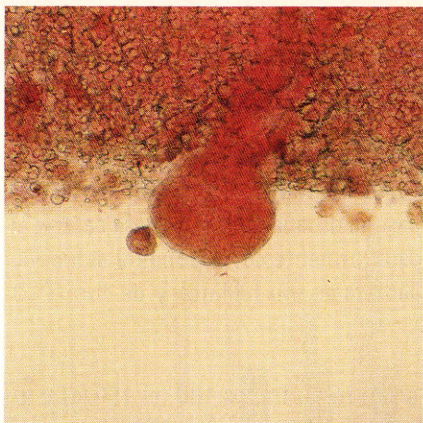
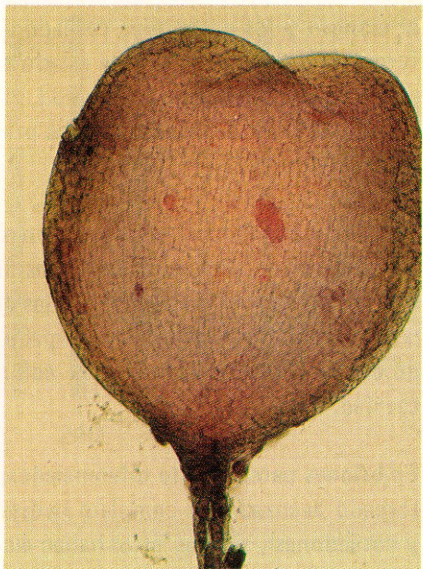


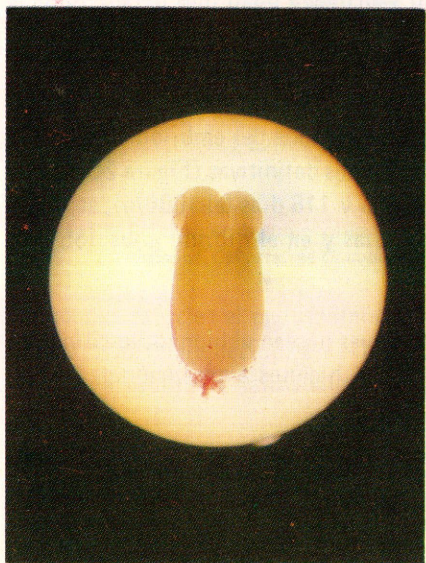
FIGURA 1. Ubicación del embrión en el fruto (corte longitudinal A) y entre dos capas endospermáticas (B).



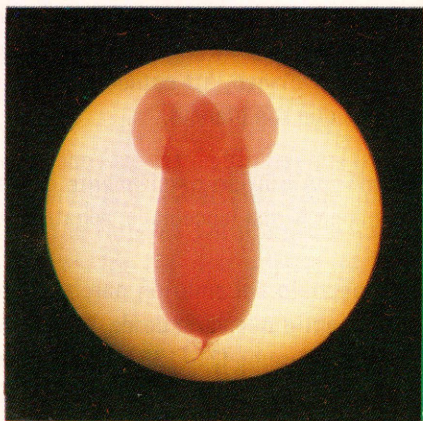
A) Embrión en estado globular inicial, con el suspensor.



B) Estado de corazón, inicio de los primordios cotiledonares.



C) Estado de torpedo, avanza la diferenciación de los cotiledones.



D) Embrión recién diferenciado, con el hipocótilo, los cotiledones y un pequeño suspensor.

FIGURA 2. Primeras etapas del desarrollo del embrión (Fase II).

bica y en *C. canephora* los endospermas eran hialinos, acuosos y ocupaban entre 60 y 70% de la cavidad del saco embrionario. En los híbridos el endosperma tenía consistencia blanda, apariencia lechosa y ocupaba el 50% de la cavidad.

Estado de torpedo: Cuando las células del procambio del embrión, en estado de corazón se elongan y los primordios cotiledonares se hacen más definidos, el embrión adquiere la forma de un torpedo; en este estado el suspensor casi ha desaparecido, la masa celular alcanza de 0,7 a 0,8 mm de longitud, la parte que posteriormente corresponderá al hipocotilo es de color blanquecino y los primordios cotiledonares son hialinos y de forma circular (Figura 2C).

En la variedad Caturra estos embriones se hallaron en frutos entre los 100 (el 15%) y los 107 días; en *C. canephora* en frutos desde los 135 días (el 30%) a los 150 días y en el híbrido en frutos de 135 días. En las dos especies el endosperma presentó consistencia gelatinosa, color blanquecino y ocupaba entre el 90 y el 100 % de la cavidad. En el híbrido era de consistencia más dura, color blanquecino y ocupaba poco más del 50% de la cavidad.

Embriones parcialmente diferenciados: Se denominó así a los embriones en un estado de torpedo avanzado, se completa la diferenciación de los órganos del embrión (hipocotilo y cotiledones), sin que éstos hallan alcanzado las longitudes definitivas (Figura 2D). En la variedad Caturra se encontraron en frutos entre los 105 y 116 días (el 100%); en *C. canephora* en frutos entre los 140 (64%) y los 165 días y en el híbrido a los 135 días (el 85%).

En la variedad Caturra y en *C. canephora*, estos embriones poseen el hipocotilo cilíndrico y de color blanco, los cotiledones son de forma circular, hialinos a excepción de las nervaduras que son blancas.

El embrión híbrido parcialmente diferenciado tiene el hipocotilo aplanado, los cotiledones tienen forma lanceolada, achatada y de color blanco.

El hipocotilo del embrión parcialmente diferenciado de *C. arabica* variedad Caturra tiene una longitud que varía desde 1 a 1,6 mm, los cotiledones desde 0,3 a 0,8 mm de longitud. León y Fournier (2) (1962) encontraron embriones de la variedad Típica con mayor tamaño del hipocotilo, en frutos de 120 días. En *C. canephora* el hipocotilo mide de 1 a 2,4 mm de longitud y los cotiledones entre 0,5 a 1 mm de longitud. En el embrión híbrido el hipocotilo mide entre 0,6 y 1,2 mm de longitud y los cotiledones entre 0,2 y 0,6 mm (Figura 3).

Embriones diferenciados

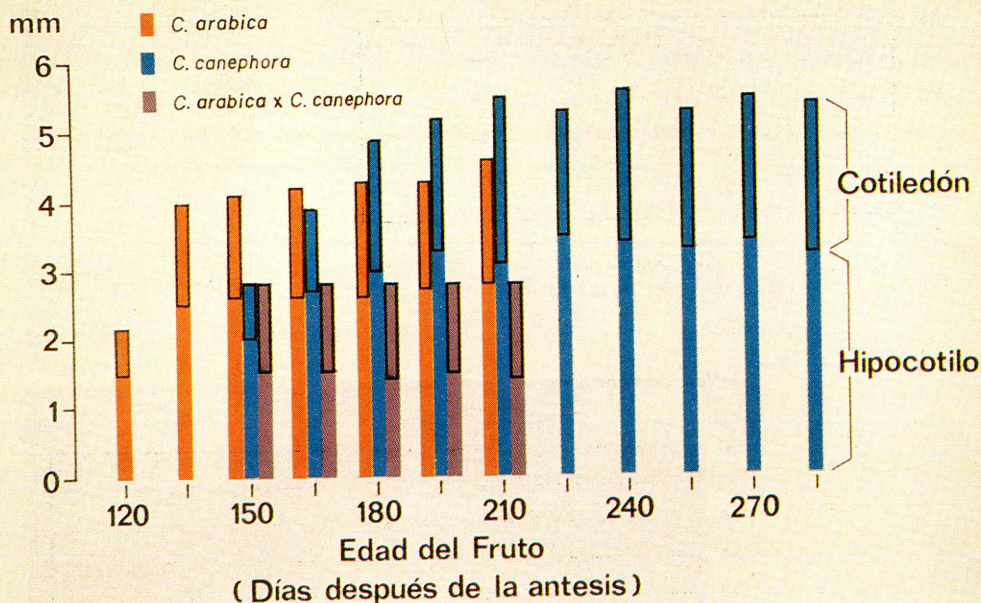


FIGURA 3. Longitudes del hipocótilo y los cotiledones de embriones en las fases III y IV de *C. arabica* variedad Caturra, de *C. canephora* y del híbrido.

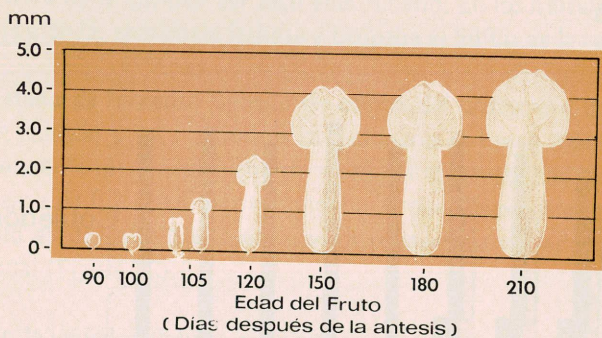
En las dos especies el endosperma ya había llenado la cavidad y tenía consistencia gelatinosa y color blanquecino. En el híbrido el endosperma ocupó el 60% de la cavidad y tenía forma anormal y consistencia dura.

Embriones totalmente diferenciados: Fueron denominados así los embriones que poseen el hipocotilo y los cotiledones con una forma y longitud que conservarán hasta que los frutos maduren (Figuras 3 y 4). Este estado ocurre en la variedad Caturra desde los 120 días hasta la madurez (210 días), en *C. canephora* desde los 165 días y hasta los 270 - 290 días y en el híbrido desde los 150 hasta los 210 días.

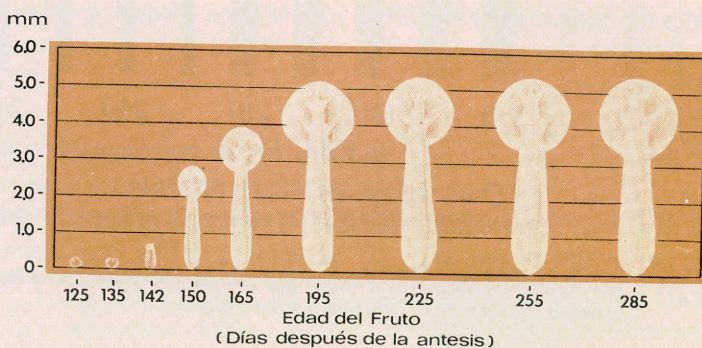
El embrión de *C. canephora* es de mayor tamaño que el de la variedad Caturra; el embrión del híbrido es de menor tamaño y de forma diferente (Figura 5A).

El hipocotilo de la variedad Caturra fluctúa entre 2,6 a 3 mm de longitud; en *C. canephora* es de 3 a 3,5 mm y en el híbrido entre 1,5 a 2 mm de longitud; los cotiledones en la variedad Caturra miden de 1,5 a 2 mm de longitud, en *C. canephora* miden de 2 a 2,5 mm y en el híbrido entre 1,3 a 1,5 mm (Figura 3).

***Coffea arabica* - Variedad Caturra.**



Coffea canephora



Coffea canephora* X *Coffea arabica

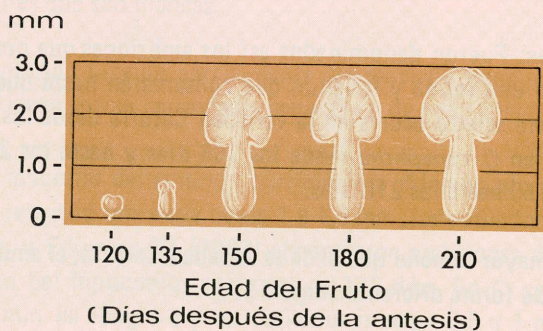
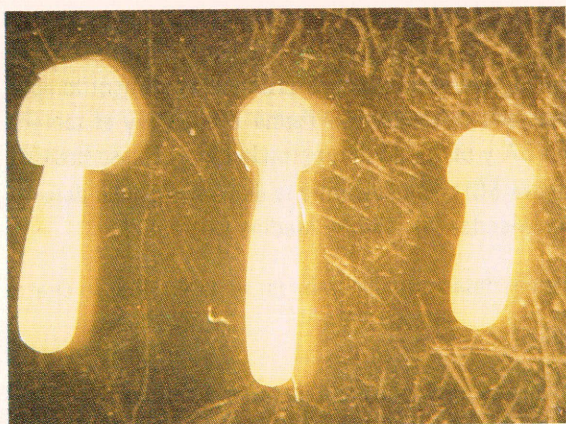
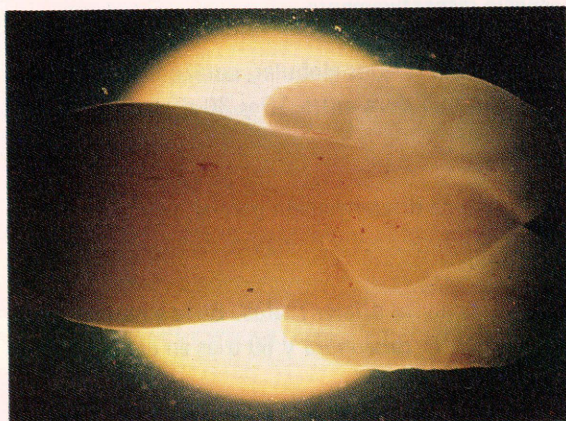


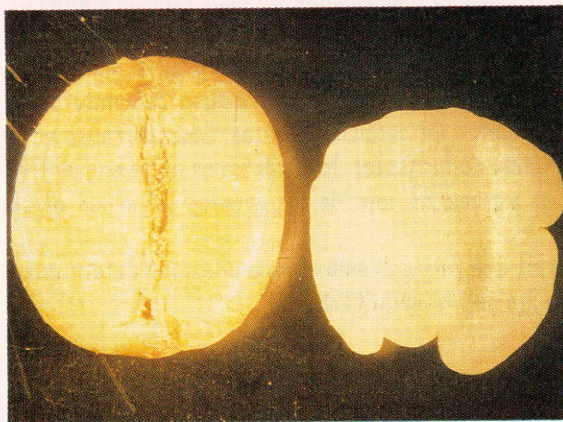
FIGURA 4. Desarrollo morfológico del embrión de café en diferentes edades del fruto, fases y dimensiones para *C. arabica* variedad Caturra, *C. canephora* y el híbrido.



A) Embriones completamente diferenciados de *C. arabica* variedad Caturra, *C. canephora* y del híbrido, izquierda a derecha.



B) Detalle de la forma de los cotiledones del embrión híbrido recién diferenciado.



C) Endosperma normal de *C. arabica* variedad Caturra comparado con el endosperma incompleto del híbrido.

FIGURA 5. Morfología de los embriones diferenciados (Fase IV) y de los endospermas que los albergan.

El embrión diferenciado varía en la forma según la especie; en Caturra y en *canephora* los hipocotilos son cilíndricos; los cotiledones en la variedad Caturra son cordiformes y en *C. canephora* son de forma circular (Figura 4). El embrión híbrido tiene el hipocotilo aplastado y los cotiledones de forma lanceolada achatada. La forma diferente y el tamaño menor del embrión del híbrido (Figuras 5A y 5B), está determinada por el escaso desarrollo del endosperma que lo alberga (Figura 5C); esto confirma la dependencia del desarrollo del embrión respecto al endosperma (Mendes (4), 1942 y Medina (3), 1957).

De acuerdo con los estados descritos en el desarrollo del embrión se determinaron cuatro fases de crecimiento del mismo, así:

FASE I: Comprende la formación del cigoto hasta el estado globular; esta fase fue descrita en *C. arabica* por Mendes (4) (1942) y en *C. canephora* por Moens (5) (1968). Comprende entre 90 y 125 días para cada especie respectivamente.

FASE II: Ocurre cuando el embrión pasa por los estados globular, corazón y torpedo. Es un período relativamente corto y muy activo que dura entre 15 y 30 días dependiendo de la especie.

FASE III: Comprende los embriones en estado de diferenciación parcial, ocurre en un período corto, aproximadamente 15 días.

FASE IV: Comprende los embriones completamente diferenciados. Es la fase más larga, 90 días para *C. arabica* y de 105 a 125 días en *C. canephora* y 60 días en el híbrido (Figuras 3 y 4).

La longitud del embrión desde la fase II hasta la maduración, en cada especie y en el híbrido, reflejó diferencias altamente significativas entre edades, siguiendo tendencias de orden superior a la cuadrática (Tablas 1, 2 y 3). La longitud del embrión se incrementó rápidamente en las fases II y III, mientras que en la fase IV se mantuvo con muy pocas variaciones (Tablas 4, 5 y 6); los coeficientes de variaciones altos, especialmente en la fase II, indican que a una edad determinada de los frutos los embriones no se encuentran en un estado único, predominando en porcentaje uno de los estados sobre los otros.

Para cada una de las especies, la longitud que posee el embrión de una edad determinada es definida, independientemente de la fecha de floración (Tabla 7).

TABLA 1. ANALISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DEL EMBRION DE *Coffea arabica* VARIEDAD CATURRA, EN DIFERENTES EDADES Y FECHAS DE FLORACION.

F de V.	G. L.	CM			1aF 2aF 3aF	
		1aF	2aF	3aF	G. L.	CM
Floraciones					2	1,01*
Edades	(8)	5,61**	8,01**	3,30**		
TL	1	32,68**	45,58**	17,15**		
TQ	1	7,68**	17,02**	6,54**		
Residuo	6	0,76**	0,14**	0,18**		
Error	171	0,0118	0,0104	0,013	537	0,26
Total	179				539	

* Significativo.

** Altamente significativo.

Longitud del embrión = hipocotilo + cotiledón.

TL = Tendencia lineal.

TQ = Tendencia cuadrática.

F = Floración.

TABLA 2. ANALISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DEL EMBRION DE *Coffea canephora* EN DIFERENTES EDADES Y FECHAS DE FLORACION.

F de V.	G. L.	1aF	2aF	1aF 2aF	
		CM	CM	G. L.	CM
Floraciones				1	8,93
Edades	(11)	3,52**	12,48**		
TL	1	1,98**	15,88**		
TQ	1	5,16**	39,75**		
Residuo	9	3,50**	9,06**		
Error	228	0,012	0,02	478	2,61
Total	239			479	

* Significativo.

** Altamente significativo.

Longitud del embrión = hipocotilo + cotiledón.

TL = Tendencia lineal.

TQ = Tendencia cuadrática.

F = Floración.

TABLA 3. ANALISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DEL EMBRION DE *Coffea arabica* VARIEDAD CATURRA X *C. canephora* EN DIFERENTES EDADES Y UNA FECHA DE FLORACION.

F de V.	G. L.	SC	CM
Edades	6	24,33	4,05**
TL	1	19,64	19,64**
TQ	1	4,25	4,25**
Residuo	4	0,44	0,11**
Error	133	1,88	0,01
Total	139		

* Significativo.

** Altamente significativo.

Longitud del embrión: hipocotilo + cotiledón.

TL: Tendencia lineal

TQ: Tendencia cuadrática

TABLA 4. LONGITUD DEL EMBRION (mm) DE *Coffea arabica* VARIEDAD CATURRA, EN DIFERENTES EDADES DEL FRUTO Y FECHAS DE FLORACION.

Edad del fruto (D fas)	FLORACION							
	1a		2a		3a		1a 2a 3a	
	$\bar{X}$	CV	$\bar{X}$	CV	$\bar{X}$	CV	$\bar{X}$	CV
90	0,79	17,22	0,32	7,48	0,85	16,51	0,62	13,76
105	0,72	21,01	0,99	12,80	2,64	11,14	1,32	14,98
120	1,62	12,56	2,08	12,35	2,34	11,62	1,99	12,16
135	4,00	3,16	1,91	4,79	4,22	5,08	4,04	4,34
150	4,11	5,24	4,79	3,20	4,24	3,19	4,33	3,87
165	4,01	1,93	4,35	1,98	4,37	2,24	4,24	2,05
180	4,38	3,06	4,55	4,71	4,30	3,01	4,41	3,59
195	4,18	2,72	4,69	4,55	4,32	2,80	4,37	3,35
210	4,25	1,61	4,40	4,50	4,39	3,13	4,33	1,90

Longitud del embrión: (hipocotilo + cotiledón)

TABLA 5. LONGITUD DEL EMBRION (mm) DE *Coffea canephora* EN DIFERENTES EDADES DEL FRUTO Y FECHAS DE FLORACION.

Edad del fruto (Días)	FLORACION					
	1a		2a		1a 2a	
	$\bar{X}$	C.V.	$\bar{X}$	C.V.	$\bar{X}$	C.V.
120	0,81	25,33	0,23	10,25	0,46	21,90
135	4,57	3,07	0,96	18,04	2,40	10,50
150	3,14	4,72	0,88	24,47	1,82	14,50
165	4,71	2,35	4,60	3,85	4,62	3,09
180	4,81	3,06	5,35	7,11	5,06	5,08
195	5,23	3,50	4,56	8,15	4,84	5,82
210	5,50	3,44	4,42	7,01	4,93	5,21
225	5,54	5,11	4,61	4,09	5,02	4,59
240	5,64	4,09	5,65	5,48	5,62	4,78
255	5,22	4,93	6,25	4,40	5,66	4,66
270	5,67	4,03	5,59	7,27	5,62	5,64
285	5,21	5,28	5,85	5,81	5,48	5,53

Longitud del embrión: (hipocotilo + cotiledón)

TABLA 6. LONGITUD DEL EMBRION (mm) DE *Coffea arabica* VARIEDAD CATURRA X *Coffea canephora* EN DIFERENTES EDADES DEL FRUTO Y UNA FECHA DE FLORACION.

Edad del fruto (Días)	$\bar{X}$	C.V.
120	0,41	9,66
135	1,08	15,45
150	1,79	5,49
165	2,91	6,00
180	3,31	3,81
195	2,93	9,42
210	3,15	8,51

Longitud del embrión: hipocotilo + cotiledón.

TABLA 7. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO POR FLORACIONES DE LA LONGITUD DEL EMBRION DE *C. arabica* VARIEDAD CATURRA Y DE *C. canephora*.

F de V.	<i>C. arabica</i> var. Caturra			<i>C. canephora</i>	
	1aF	2aF	3aF	1aF	2aF
	G. L.	CM		G. L.	CM
Floraciones	2	1,01		1	8,93
Edades	(8)	15,78**		(11)	13,40**
TL	1	91,94**		1	13,99*
TQ	1	29,80**		1	35,82**
Residuo	6	0,78		9	10,83*
E x F	16	0,57		11	2,58
Error	513	0,0117		456	0,01
Total	539			479	

* Significativo.

** Altamente significativo.

Longitud del embrión: hipocotilo + cotiledón.

TL = Tendencia lineal.

TQ = Tendencia cuadrática.

F = Floración.

Relación embrión - endosperma.

El proceso embriogénico en café ocurre después de iniciado el desarrollo del endosperma y está sujeto a los cambios que suceden en éste a través del desarrollo del fruto. Los primeros estados del embrión (globular, corazón y torpedo) están notablemente asociados con el volumen del endosperma y su consistencia; los estados posteriores de diferenciación están asociados a los cambios de consistencia del endosperma.

Los embriones en estado globular estuvieron rodeados por endospermas que ocupan de un 30 a un 40% del volumen de la cavidad del saco embrionario de los frutos; cuando los embriones se diferencian, el endosperma que envuelve los embriones híbridos presenta desde muy temprana edad una consistencia endurecida, es de color blanquecino, de forma achatada y anormal, con bordes irregulares (Figura 5C) y en ningún caso llena completamente la cavidad; sólo alcanza a llenar como máximo el 60% de ésta.

Relación fruto - embrión.

El volumen del fruto varió de una floración a otra debido a condiciones climáticas, pero esta variación no afectó el tamaño del embrión, siendo éste completamente independiente del tamaño del fruto. No obstante, el comportamiento morfológico del embrión varió con los cambios en el desarrollo y en la composición del endosperma.

No existe relación entre la longitud del embrión y el volumen del fruto (anchura x grosor x longitud) ni con la relación anchura x longitud del fruto que lo alberga (Tabla 8).

TABLA 8. RELACION ENTRE EL TAMAÑO DEL FRUTO (X) Y DEL EMBRION (Y) EN DOS ESPECIES DE CAFE Y EL HIBRIDO.

	<i>Coffea arabica</i> var. Caturra		<i>Coffea canephora</i>		<i>C. arabica</i> var. Caturra x <i>C. canephora</i>	
	V	A/L	V	A/L	V	A/L
Coefficiente de correlación (r)	0,64	0,70*	0,16	-0,19	0,30	0,50
Coefficiente de determinación (R ²)	0,42	0,48	0,02	0,04	0,10	0,25

* Significativo.

Fruto: V Volumen

A/L Relación anchura/longitud

Embrión: longitud total

CONCLUSIONES

1. Los embriones de las especies estudiadas y del híbrido entre ellas completan su desarrollo en cuatro fases totalmente definidas. La inicial y la final, aparentemente estáticas en crecimiento y las dos intermedias muy dinámicas y de corta duración. En la fase final, el embrión ha alcanzado su desarrollo completo y no ocurre en el ningún crecimiento detectable.
2. Los embriones de la variedad Caturra y del híbrido completan su crecimiento externo (Fase III) en 120 días y los de *C. canephora* en 165 días.

3. El tamaño de los embriones desarrollados es el siguiente: de *C. canephora* entre 5,0 y 6,0 mm; de variedad Caturra entre 4,1 y 5,0 mm; y del híbrido, entre 2,8 y 3,5 mm. Los hipocotilos de *C. canephora* y de la variedad Caturra son cilíndricos y el del embrión del híbrido es aplanado. Los cotiledones del embrión de variedad Caturra son cordiformes, los de *C. canephora* son circulares y los del híbrido son lanceolados y achatados.
4. El embrión alcanza la fase completa de diferenciación mucho antes que ocurra la maduración del fruto. El tamaño del embrión es independiente del tamaño del fruto y característico de cada especie.
5. El crecimiento del embrión depende del crecimiento del endospermo y es sucesivo a éste, pero completa su desarrollo primero que el endospermo.
6. En los embriones se desarrolla primero el hipocotilo y luego los cotiledones.

BIBLIOGRAFIA

1. CARVALHO, A.; MONACO, L. C. Relaciones genéticas de especies seleccionadas de *Coffea*. Lima, I.I.C.A., 1968. 19 p.
2. LEON, J.; FOURNIER, L. Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. Turrialba (Costa Rica), 12(2):65-74. 1962.
3. MEDINA, D. M. Macrosporogenese formacao e desenvolvimento do saco embrionario, do endosperma e do embria em *Coffea dewevrei* De wild et th. Dur. Bragantia (Brasil) 19(48):767-784. 1960.
4. MENDES, A. J. T. Observacoes citológicas em *Coffea arabica* L. VI Desenvolvimento do embria e do endosperma em *C. arabica* L. Brasil 2(4):115-128. 1942.
5. MOENS, P. Investigaciones morfológicas, ecológicas y fisiológicas sobre cafetos. Turrialba (Costa Rica) 18(3):209-233. 1968.