

CARACTERISTICAS VARIETALES DEL FRUTO DE (Coffea arabicaL.)

Fornier
LUIS ALBERTO ORIGGI

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS

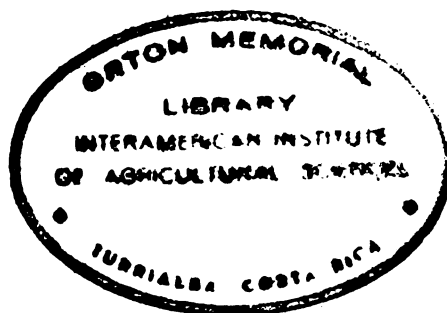
TURRIALBA, COSTA RICA

ENERO, 1961

CARACTERISTICAS VARIETALES DEL FRUTO DE (Coffea arabica L.)

Por

✓
LUIS ALBERTO FOURNIER ORIGGI



Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas

Turrialba, Costa Rica

Enero, 1961

23

CARACTERISTICAS VARIETALES DEL FRUTO DE (Coffea arabica L.)

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela de Graduados
como requisito parcial para optar al grado

de

Magister Agriculturae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas

APROBADA:

Jorge L. ... Consejero

Albino ... Comité

Dudwig Müller Comité

Enero, 1961

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su más profundo agradecimiento al Dr. Jorge León, su consejero principal y a los Doctores Ludwig Müller y Jorge Soria, miembros del comité, por el asesoramiento y sugerencias prestadas para la realización del presente trabajo de tesis.

Al Sr. Jorge Pérez por su valiosa colaboración prestada en la realización de los gráficos y dibujos.

A todos los demás miembros del personal del Instituto que prestaron su colaboración para llevar a cabo esta investigación.

La realización de este estudio fue posible gracias a fondos suministrados por una donación de la Oficina del Café de Costa Rica.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de San José, Costa Rica, el 16 de noviembre de 1935. Hizo sus estudios primarios en la Escuela Juan Rudín y los secundarios en el Colegio Seminario, en su ciudad natal.

En 1954 ingresó a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, graduándose de Ingeniero Agrónomo en diciembre de 1958.

De 1959 hasta la fecha, ha desempeñado el cargo de profesor suplente de Botánica Sistemática en el Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias y Letras de la Universidad de Costa Rica.

En Julio de 1959 ingresó al Departamento de Fitotecnia del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas para realizar estudios postgraduados, egresando en enero de 1961

CONTENIDO

	<u>Página</u>
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE CUADROS	ix
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA.	3
Crecimiento y desarrollo en frutos	3
Tipos de curvas	3
Períodos de crecimiento	4
Algunas variaciones en el crecimiento de drupas	6
Crecimiento y desarrollo en frutos no drupáceos	6
Desarrollo de color en el fruto de manzana...	9
Tipos de pigmentos	9
Distribución	9
Factores que afectan la formación de color	9
Luz	9
Temperatura	10
Nutrición	11
Efecto de sustancias químicas y reguladoras de crecimiento.	11
Otros factores.	12
Estructura y anatomía del fruto de	
<u>Coffea arabica</u> L.	12
Pericarpio y semilla	12
Ovario y óvulo	13
Frutos anormales.	14
Poliembrionía y polispermia	14
Caracolillo	15
Frutos sin semilla	15
Partenogénesis y partenocarpia	15
Semillas sin embrión	16
Crecimiento y desarrollo del fruto de café	16
Longitud del período de madurez	17
Orientación de las semillas	17
Variabilidad en tamaño del fruto.	17
Desarrollo de color en el fruto de <u>Coffea arabica</u> L.	18

	<u>Página</u>
MATERIALES Y METODOS	19
Desarrollo del pericarpio y la semilla en la variedad Typica	19
Desarrollo del perfil del fruto en cortes longitudinales y transversales	20
Crecimiento y desarrollo de frutos	21
Peso y volumen	23
Desarrollo del color en el pericarpio del fruto	24
RESULTADOS	25
Vascularización del fruto en la variedad Typica .	25
Desarrollo morfológico externo del fruto.	30
Crecimiento y desarrollo del pericarpio	31
Estudio del crecimiento y desarrollo de la semilla en la variedad Typica.	35
Curvas de crecimiento y desarrollo	39
Resultados de peso volumen y densidad	51
Desarrollo de color	53
DISCUSION	56
RESUMEN Y CONCLUSIONES	64
SUMMARY AND CONCLUSIONS	67
LITERATURA CITADA	70

LISTA DE FIGURAS

	<u>Página</u>
Figura No	
1 A-Vascularización del fruto de café del cultivar 'Typica', un corte longitudinal (esquema) B-Esquema de las dimensiones que se consideran en este estudio	26
2 Vascularización del fruto de café cultivar 'Typica' en corte transversal	26
3 Cortes longitudinales y transversales en frutos de cinco cultivares de café	28
4 Células del mesocarpo de café, cultivar 'Typica' en diferentes etapas de crecimiento	32
5 Curvas de crecimiento en escala logarítmica del pericarpo, ancho mayor del tegumento y tamaño promedio de sus células.	34
6 Fases de desarrollo de la semilla de café en 'Typica', hasta los 60 días después de la fecundación	36
7 Fases de desarrollo de la semilla de café, cultivar 'Typica', desde los 75 días después de la fecundación a la madurez	38
8 Curvas de crecimiento de la semilla y el embrión en 'Typica'	40
9 Curvas de crecimiento del fruto en 'Typica' con desviaciones típicas (standard deviation)	42
10 Curvas de crecimiento del fruto en 'Bourbón'	42
11 Curvas de crecimiento del fruto en 'Leroy'	43
12 Curvas de crecimiento del fruto en T-539.	43
13 Curvas de crecimiento del fruto en 'Maragogipe'	44

Figura No

14	Curvas de crecimiento del fruto triángulo en 'Typica'	45
15	Curvas de crecimiento del fruto caracolillo en 'Typica'	45
16	Curvas de crecimiento en ancho mayor del fruto en cinco cultivares de café	46
17	Curvas de crecimiento en ancho menor del fruto en cinco cultivares de café	46
18	Curvas de crecimiento en longitud del fruto en cinco cultivares de café	47
19	Curvas de peso, volumen y densidad del fruto 'Typica', 'Bourbón' y T-539	52
20	Curvas de desarrollo del color del fruto en cinco cultivares de café	54

LISTA DE CUADROS

1	Razones entre las dimensiones del fruto . . .	50
---	-----------------------------------------------	----

I N T R O D U C C I O N

La comprensión de los fenómenos que regulan el crecimiento y desarrollo en los frutos es de suma importancia, no sólo desde el punto de vista estrictamente científico, sino también en el campo de ciencias aplicadas, como la horticultura.

Muchas investigaciones se han realizado sobre la anatomía, morfología, fisiología y genética del crecimiento y desarrollo en frutos de las zonas templadas. El gran volumen de información obtenido de estos estudios, ha sido utilizado en muy variadas formas, tanto en el mejoramiento cuantitativo como cualitativo de la producción de este tipo de frutales.

A pesar de la importancia que para la economía de muchos países significan los frutos tropicales, la mayoría de estos no han sido estudiados en forma adecuada, lo que constituye un obstáculo serio para la realización de trabajos en mejoramiento genético y fisiología.

El conocimiento de los factores que regulan el crecimiento y desarrollo del fruto del café y sus diferencias varietales, es extremadamente escaso, no obstante de constituir este fruto uno de los principales productos tropicales del mundo.

Esta información es de suma importancia en la evaluación de los cultivares, pues indica las épocas diferentes de maduración y las etapas de crecimiento, que son afectadas por los diversos factores de nutrición y ambiente. Puede suministrar además, información especial para determinar las inter-relaciones genéticas de

los cultivares.

En Coffea arabica L. son de gran interés las variaciones morfológicas en los frutos de ciertas variedades, como 'Maragogipe' y 'Leroy'. De importancia económica considerable son los tipos de maduración temprana (algunos 'Bourbones') o de maduración tardía, como ciertas progenies seleccionadas en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas en Turrialba.

Con el fin de aumentar el conocimiento sobre los hechos arriba enunciados, se llevó a cabo el presente estudio, cuyos principales objetivos fueron: a) la determinación de las características varietales de crecimiento y desarrollo del fruto en cinco cultivares de Coffea arabica L.: 'Typica', 'Bourbón', 'Leroy', 'Maragogipe' y la progenie T-539, estableciendo las modalidades correspondientes al incremento en tamaño, volumen y peso, cambios morfológicos y fijación de las etapas de desarrollo y maduración; b) mediante un estudio microscópico, establecer la época de aparición de los diferentes elementos hísticos que constituyen el fruto y observar su modalidad de crecimiento; c) desarrollar técnicas de medición y establecer correlaciones entre los elementos medidos.

Este trabajo no pretende ser definitivo, sino una contribución básica para futuras investigaciones, en un campo que hasta el momento se encuentra carente de este tipo de estudios.

REVISION DE LITERATURA

Se ha creído pertinente dividir la presente revisión de literatura en dos partes. La primera trata sobre el desarrollo de frutos, y en ella se da mayor énfasis a las drupas, debido a que el cafeto presenta un fruto de este tipo morfológico. Esta parte considera también los principales factores que determinan el desarrollo del color en el fruto de manzano, ya que desde este punto de vista, se le puede considerar bastante similar al café.

La segunda parte de la revisión cubre las investigaciones realizadas en café y tiene mayor relación con el tema del presente trabajo.

Crecimiento y desarrollo en frutos

Tipo de curvas. Las curvas de crecimiento en frutos presentan, en la mayoría de los casos, una forma sigmoidea. Este hecho se puede observar en los trabajos de Blake (11, 12) en melocotones (Prunus persica Sieb y Zucc); Brooks (14) en almendras (Amygdalus communis L.); Cheesman (19) y Schroeder (82) en cacao (Theobroma cacao L.); Gilmartin (38) en granadilla (Passiflora edulis Sims); Hartman (43) en olivo (Olea europea L.); Lilleland (60, 63) en albaricoques (Prunus armenica L.); Lilleland (62) en ciruelas (Prunus domestica L.); Schroeder (81) en aguacates (Persea gratissima Gaernt); Simmonds (86) en algunos bananos de semilla; Tukey (95) en cerezas (Prunus avium L.); Tukey (97) con cerezas ácidas (Prunus ceraceus L.); y Tukey y Young (101) en manzanas, (Pyrus malus

L.). Algunos otros frutos agregados como la mora (Rubus occidentalis L.) estudiada por Boynton y Wilde (13), la fresa (Rubus strigosus Maxim), estudiada por Hill (46) y por Havis (44), y el sicono del higo (Ficus carica L.), por Crane (18), muestran este tipo de curvas sigmoideas de crecimiento.

Una excepción a este fenómeno se observa, según Simmonds (86), en los frutos partenocárpicos de banano. Las curvas sigmoideas de crecimiento pueden ser simples como en las almendras (14) y aguacates (81) o dobles como en el caso de los melocotones (11) y de muchas otras drupas.

Las causas posibles de la determinación de esta forma de curva han sido discutidas por Gustaffson (40).

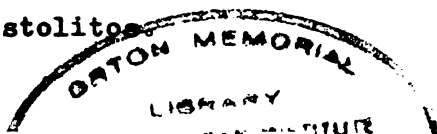
Períodos de crecimiento. Casi todos los frutos drupáceos, como melocotones (1, 11, 12, 57, 61); olivo (43); albaricoques (60, 63); ciruela (62); cereza (98); cereza ácida (97, 100) y además algunos frutos agregados como la mora (13) y el sicono del higo (18), presentan tres períodos definidos de crecimiento.

El primer período es de crecimiento rápido y se debe en gran parte al incremento dimensional de la semilla. En esta fase se observan muchas divisiones celulares en casi todos los tejidos del fruto y además expansión celular. La duración de este período es variable; Blake, por ejemplo, (12) encontró que para melocotones es de 6 a 7 semanas. Addams y otros (1) en el mismo fruto observaron que después de 30 días de la floración, las divisiones celulares prácticamente cesan. Lee y Tukey (57), observaron un

umento, tanto en el pericarpo carnosos, como en el hueso, nucela e integumento.

Tukey (96) indica que la nucela y el integumento crecen casi paralelos con respecto al pericarpo y alcanzan su máximo tamaño en esta etapa. Tukey (95), en cerezas, encontró que después de ocurrida la fertilización, el crecimiento se acelera en el ovario, la nucela y el integumento. El óvulo fecundado inicia su crecimiento 17 días después de la floración. En esta época la nucela y el integumento han alcanzado casi su tamaño máximo, el endosperma es aún nuclear y el embrión está detenido en su crecimiento. Boynton y Wilde (13) observaron en Rubus, que al final de este período la semilla y la nucela alcanzan su máximo tamaño y el endosperma es ya celular. El embrión aumenta considerablemente al final de esta etapa y completa su tamaño en la siguiente.

El segundo período se caracteriza por una detención del crecimiento, por la diferenciación de la semilla y el endurecimiento del endocarpo. Lee y Tukey (57), en melocotones, observaron durante este período un engrosamiento de las paredes de las células del hueso, y una disminución en el porcentaje de agua, azúcares reductores, sacarosa, extracto etéreo y cenizas. En cerezas, Tukey (95) encontró que este período es muy corto, y que presenta diferencias entre variedades tardías y tempranas. Lee y Tukey (57) encontraron que el embrión inicia en esta etapa en melocotones, su crecimiento más activo. King (51), en olivo, observó el mayor desarrollo del embrión y además la transformación de las células del parénquima del endocarpo en cistolitos.



El tercer período presenta un rápido crecimiento del pericarpo carnosos hasta alcanzar la madurez. Su inicio es variable, para melocotones Blake (12) cita 4 a 5 semanas antes de la madurez. Addams y otros (1) informan que este rápido crecimiento del pericarpo se debe, casi exclusivamente, a expansión celular. Lee y Tukey (57) observaron que en esta etapa el porcentaje de sacarosa aumenta, lo mismo que el agua, pero en menor escala; mientras que las otras sustancias bajan al nivel inferior durante todo el desarrollo.

Algunas variaciones en el crecimiento de drupas. Brooks (14) encontró que la almendra, una drupa seca, presenta únicamente dos períodos de crecimiento; el tercero se elimina por no existir un pericarpo carnosos. Hartman (43) informa que en el cultivar 'Mission' del olivo, se presenta a continuación del tercer período otro de rápido crecimiento en tamaño, debido a la acumulación de aceite.

Crecimiento y desarrollo en frutos no drupáceos. El crecimiento y desarrollo en frutos no drupáceos, presenta características un tanto diferentes a las anotadas anteriormente para las drupas.

Tukey y Young (101), en manzanas, indican que la curva de crecimiento en el total del fruto presenta diferencias entre variedades tardías y tempranas de verano.

Smith (90, 91) encontró que en el período que precede a la polinización, hay en el ovario muchas divisiones celulares, pero

una vez que la flor se abre, éstas cesan y todo futuro crecimiento es por expansión celular. Bain y Robertson (9) al estudiar el problema del tamaño del fruto en variedades australianas de manzana, concuerdan con lo afirmado por Smith (90, 91). La variación de los frutos en la madurez mostró ser debida, casi en su totalidad, al número de células y sólo en pequeña parte a su tamaño promedio. La expansión celular se lleva a cabo prácticamente durante toda la permanencia del fruto en el árbol.

Sinnott (87) realizó un estudio del desarrollo de frutos de Cucurbitáceas. En general, en todos los tejidos el crecimiento inicial es por división celular y poca expansión. El crecimiento es mayor en los tejidos internos, pero éstos detienen su crecimiento más pronto y además sus células son más grandes, con respecto a los tejidos más externos. Encontró que las diferencias en tamaño entre linajes de Cucurbita pepo se deben a un menor número o tamaño de células, o bien a ambos factores. Sinnott y Hoskins (89) observaron que los diploides y tetraploides de Cucurbita y Lagenaria presentan al inicio diferencias en tamaño de células y primordios de órganos, pero en la madurez estas diferencias se llegan a anular. Sinnott (88) sugiere que las diferencias entre las dimensiones de un mismo fruto, se pueden deber a una polarización de las divisiones celulares.

Jones (49) informa que en Macadamia hay dos períodos de crecimiento, y que durante el segundo, es cuando se diferencia el embrión y se produce la acumulación de aceite.

Long (65) indica que en el desarrollo del fruto de dátil

(Phoenix dactylifera), se presentan siete períodos desde la fertilización hasta la madurez. Cada uno de éstos está caracterizado por crecimientos en diferentes áreas del fruto, y en las últimas etapas es cuando se produce variación en la coloración del pericarpo.

Bain (8) en Citrus sinensis (L.) Osbeck cv. 'Valencia' informa de tres períodos de crecimiento, desde la fertilización hasta la madurez. En el primer período se llevan a cabo divisiones celulares, en todos los tejidos del fruto. Casi todos éstos completan sus divisiones, excepto las capas más externas de células. El aumento en tamaño del fruto se debe pues, al engrosamiento de la cáscara. El segundo período es de rápido crecimiento, por la expansión celular, y es en esta etapa cuando se llevan a cabo grandes cambios morfológicos y fisiológicos en el fruto. La pulpa es la que se agranda más en esta etapa y la cáscara completa su tamaño. El tercer período es de lento crecimiento, hasta alcanzar la madurez. Ford (36) encontró, en limón 'Eureka', un crecimiento similar al anterior.

Schroeder (82) realizó observaciones en el desarrollo del fruto de cacao, (Theobroma cacao L.). El crecimiento al inicio es debido a una intensa división celular con una moderada expansión. Sin embargo, en las etapas siguientes, esta última modalidad es la predominante, aunque ocasionalmente se producen divisiones celulares. Informa además de un lento crecimiento del embrión en los primeros estados, hecho que había sido ya determinado por Cheesman (19).

Desarrollo de color en el fruto de manzana

Tipo de pigmentos. Duncan & Dustman (25) y Dustman y Duncan (26), al estudiar el tipo de pigmentos en algunas variedades de manzana, encontraron que la antocianina aislada, era un tipo de cloruro de idaeina. Esta sustancia, al ser hidrolizada, produce cloruro de cianidina y galactosa.

Distribución. Varios autores, Fletcher (35), Reger (78) y Dayton (22), afirman que la mayor cantidad de antocianina se halla en las capas exteriores de la hipodermis, aunque algo se observa también en la epidermis; Dayton (22) estudió las características varietales del color rojo en 19 variedades de manzana y observó que en algunas de ellas hay antocianina en la epidermis y con mayor intensidad en las capas inferiores. Las variedades que presentan franjas de diferente intensidad de color, deben ésto a un mayor número de células con antocianina en las capas hipodérmicas.

Factores que afectan la formación de color

a) Luz. Overholser (76) encontró que frutos de manzana cubiertos con bolsas negras, que evitan la entrada de luz, no desarrollan color rojo. Frutos cubiertos desde el inicio de su desarrollo y expuestos luego a la luz, presentan baja intensidad de color y lo mismo sucede en frutos más desarrollados. El uso de bolsas rojas reduce la intensidad del color en el fruto, pero las bolsas blancas no tienen efecto.

Fletcher (35) demostró que los rayos de luz que son absorbi-

dos por las bolsas rojas, son formadores de color, generalmente el azul del espectro. La razón de formación de color, después de quitarse la bolsa, depende del tamaño, madurez del fruto y de la época en que se cubrió.

Schrader & Marth (80) afirman que la posición del fruto en el árbol influye en la coloración; manzanas muy sombreadas desarrollan intensidades bajas de color en la madurez.

Arthur (4) observó que la luz violeta, ultravioleta y la región azul del espectro solar, favorecen el desarrollo del color en manzanas, después de cosechadas.

Siegelman y Hendricks (84, 85) determinaron que la radiación luminosa influía en dos fases en la formación de antocianina. La primera es un período de inducción, de más o menos 0 a 20 horas, sin producción de antocianina; en la segunda fase, después del período anterior, es cuando se lleva a cabo la formación del pigmento. Sugieren, como posible fotoreceptor, a una flavoproteína, similar a la deshidrogenasa acetyl-coenzima A.

b) Temperatura. Arthur (5) y Uota (102) indican que las temperaturas medias nocturnas muestran íntima correlación con el desarrollo del color rojo en la variedad 'McIntosh'. Las temperaturas de 76 grados Fahrenheit inhiben por completo la formación de color. Magness (67) sugiere que las noches frías reducen el color de las hojas, lo mismo que su número y que en esta forma la luz puede entrar en el árbol más fácilmente.

Evans & Marsh (29) informan que días frescos, claros, soleados y de baja humedad, promueven una mejor coloración de los fru-

tos.

c) Nutrición. Casi todos los autores consultados, Magness (67); Magness y otros (68); Allen (2); Evans y Marsh (29); Weeks y otros (104, 105) afirman que el nitrógeno en exceso tiende a retardar y disminuir la formación del color rojo de las manzanas. De acuerdo con estos investigadores, las principales causas de este fenómeno son la reducción de los azúcares, y el exceso de desarrollo vegetativo como un obstáculo a la admisión de la luz. Existen algunos trabajos, Magness (67); Weeks y otros (104, 105), en que se informa que el potasio tiende a disminuir el efecto desfavorable del nitrógeno citado anteriormente. Sin embargo, Magness (67), Evans y Marsh (29) indican que este efecto no es siempre evidente.

d) Efecto de sustancias químicas y reguladoras de crecimiento. El ion tiocianato ha demostrado ser un factor de importancia en la promoción artificial del color de los frutos de manzana, según Dustman y Duncan (27), Leonard y Dustman (59) y Reger (78). Parece ser que este ion precipita el hierro en forma no disponible para la formación de clorofila, y entonces los tejidos cloróticos permiten la entrada de la luz azul, que favorece la formación de antocianina.

White (106) y White y Rice (107) encontraron que la atomización con ciertos compuestos químicos antes de la cosecha, tiene en algunos casos un efecto favorable en la promoción del color.

Billerbeck y otros (10), y Southwick y otros (93) informan que el ácido 2-4-5 triclorofenoxiacético en atomizaciones, favorece

ce también la formación de color. La cantidad de color formado, varía con el tiempo de aplicación y con la variedad. El mismo Southwick (92) informa que el ácido anteriormente citado, contrarresta en algunos casos el detrimento de color producido por el nitrógeno.

e) Otros factores. Evans y Marsh (29) afirman que la poda, edad del árbol, número de hojas por fruto, tiempo, clima, ralea de frutos y mutaciones son factores que también influyen en la intensidad del color. Indican además estos autores que la fotosíntesis y el riego en cierta época son factores de importancia; esto último ya había sido anotado por Fletcher (35).

Estructura y anatomía del fruto de Coffea arabica L. El primer investigador que estudió la estructura y anatomía del fruto de café fue Marchand (69). En este trabajo se describe la estructura general del pericarpo, la "película plateada" y el embrión. Otros trabajos generales se han hecho sobre estructura del fruto y aparecen en libros sobre botánica o cultivo de café, tales como los de Cheney (20), Haarer (41) y Coste (17). Chevalier (21) ha utilizado las diferencias anatómicas del fruto como base para separar las diferentes especies del género Coffea. Freire (37) realizó observaciones sobre anatomía general del fruto, lo mismo Dedecca (23) en un estudio reciente.

a) Pericarpo y semilla. De acuerdo con las investigaciones anteriores el exocarpo consta de una sola capa de células lignificadas y endurecidas y presenta algunos estomas. El mesocarpo está forma-

do de varios estratos de células grandes, lignificadas y poliédricas, las más internas comprimidas y aplanadas; entre estas células se observan los vasos conductores provistos de muchas fibras. Chevalier (21) observó en Coffea arabica L. la presencia de una zona de tejido en los estratos más internos del mesocarpo, que llamó zona gelificada o almacenadora de agua. El endocarpo constituye el "pergamino", y está formado de 5 o 6 capas de esclereidas de paredes gruesas cubiertas de punteaduras o fosas ramiformes. El endocarpo ha sido estudiado en relación con las falsificaciones de café y problemas análogos. La semilla está rodeada por una "película plateada", que se origina de antigua primina. El tamaño de las esclereidas que constituyen esta película, según Chevalier (21), es de importancia para la separación de las especies del género Coffea.

El endosperma constituye la casi totalidad de la semilla y su origen fue señalado como tal por Méndes (71), Krug y Carvalho (54), contra la opinión de Houk (47, 48) quién sostenía que ese tejido era verdaderamente un perisperma. Pruebas de carácter embriológico contrarias a la idea de Houk han sido expuestas por Von Faber (30), Mayne (70), Joshi (50), Leliveld (58), Fagerlind (32).

b) Ovario y óvulo. Los estudios sobre fecundación y desarrollo embrional fueron hechos primero por Von Faber (30) y más recientemente por Graner (39), Joshi (50), Fagerlind (31), Bacchi (7) y Méndes (71), quienes demostraron la existencia de dos zonas definidas, a) la nucela formada de una capa de células estrechas

que rodea la macrospora y b) un solo integumento, la primina que es gruesa y está formada de varias capas de células. Graner (39) afirma que es difícil comprobar o negar la existencia del obturador.

c) Frutos anormales

Poliembrionía y Polispermia. Hille Ris-Lambers (45) describe frutos anormales con más de dos semillas, que denomina polispérmicos cuando presentan únicamente un endosperma, y poliembriónicos cuando hay dos o más endospermas en un lóculo. Dicho investigador encontró semillas poliembriónicas en café 'Robusta', en la mayoría de los casos con tres embriones cada una. Cita también que en un fruto de C. horsfeldiana encontró en un lóculo dos endospermas yuxtapuestos. La cantidad de semilla por fruto polispérmico es variable, y el autor citado señala un caso en C. canephora de 15 semillas. Según su opinión la polispermia parece ser hereditaria y está relacionada con la fasciación y el crecimiento vigoroso. Koorders (52) observó en C. libérica que había un óvulo en cada lóculo y que eran polispérmicos, e indica que esta condición parece ser hereditaria. Von Faber (30) estudió la poliembrionía en C. libérica y C. canephora 'Laurenti' y según este autor el nombre más apropiado para los casos observados es el de "poliembrionía falsa", ya que cada endosperma dentro de un lóculo tiene su propia envoltura. Krug y Méndes (53) anotan la existencia de dos tipos de poliembrionía, la falsa cuando se observan varias cubiertas seminales, y la verdadera, cuando sólo existe una cubierta. Méndes (72, 73) informa también de la existencia de

esos dos tipos de poliembrionía e indica que a veces debajo del "pergamino" hay dos o tres semillas yuxtapuestas, cada una con un embrión, y llama a eso poliembrionía falsa, mientras que en el caso de la poliembrionía verdadera hay únicamente una semilla con varios embriones. Antunes y Carvalho (3) al estudiar el fenómeno de frutos sin semilla en café 'Mundo Novo' encontraron varios casos de poliembrionía falsa.

Los tipos anormales de granos han recibido cierta atención de los investigadores.

a) Caracolillo. Hille Ris-Lambers (45) anota la presencia de frutos con una sola semilla, y afirma que este es un fenómeno bastante corriente. Leliveld (58) sugiere que este tipo de frutos puede originarse de una fertilización insuficiente. Antunes y Carvalho (3) indican que la causa de este fenómeno puede ser el aborto inicial de un óvulo y que entonces el otro, al no encontrar resistencia, se desarrolla en forma esférica.

b) Frutos sin semilla. Según Leliveld (58) esta anomalía se debe a un desarrollo insuficiente del endosperma, y ha encontrado que algunos de estos tienen un menor número de cromosomas que el normal, debido posiblemente a su origen híbrido. Antunes y Carvalho (3), en 'Mundo Novo', y Méndes y otros (75) atribuyen este fenómeno a causas citológicas o genéticas.

c) Partenogénesis y partenocarpia. Méndes (74) observó una variación en el número de cromosomas en híbridos de C. canephora X C. arabica. Este hecho sugiere según este autor la presencia

de casos de partenogénesis. Es posible que los gametos masculinos se eliminen, y el tubo polínico estimule el desarrollo partenocárpico del embrión.

d) Semillas sin embrión. Frutos con semillas sin embrión fueron observados por Méndes (73), quien cree que dicho fenómeno puede deberse a una fecundación doble incompleta, o quizá a la ausencia un endosperma verdadero, con el desarrollo consiguiente de un perisperma originado en el integumento del óvulo.

Crecimiento y desarrollo del fruto del café. La información a este respecto es bastante escasa y la mayor parte de los trabajos son de tipo embriológico. Leliveld (58) indica que después de la fertilización se presenta un período de descanso en el crecimiento del fruto, determinado por las condiciones de lluvia. El integumento, después de este período original de reposo, inicia su crecimiento por medio de divisiones celulares tangenciales. El endosperma es de origen nuclear, hecho que también fue observado posteriormente por Méndes (71), y su formación coincide con la lignificación del endocarpo. El crecimiento es por divisiones celulares y ejerce una presión que desplaza al integumento hacia los bordes, y lleva a la formación de la "película plateada". Méndes y otros (75) han establecido en 'Mundo Novo' y 'Bourbón Rojo' tres fases de desarrollo: 1. formación del óvulo en el ovario; 2. crecimiento rápido después de la fertilización del óvulo y el ovario; 3. desarrollo del endosperma con el embrión. Encontraron que a los 145 días en 'Bourbón' el endosperma está ya formado y endure-

cido y que el crecimiento posterior del fruto se debe aparentemente a un aumento en volumen del exocarpo y mesocarpo. Fernández (33) informa de algunas observaciones generales sobre crecimiento de frutos en 'Typica' y 'Bourbón', efectuados en Guatemala.

Longitud del período de madurez. Ferwerda (34) realizó un estudio preliminar sobre la duración del período de desarrollo del fruto en varias especies e híbridos interespecíficos, de la floración a la madurez. Los tipos 'Robusta' requieren, según este autor, aproximadamente 318 días; 'Conuga', 313 días; híbridos de C. liberica X C. arabica, 306 días; C. canephora X C. liberica, 357 días. La planta que actúa como hembra parece ser la que determina la longitud del período de madurez.

Méndes y otros (75) indican que 'Bourbón' necesita 180 días para su desarrollo y 'Mundo Novo' 207 días.

Orientación de las semillas. Hanausek (42) fue el primero en estudiar los aspectos de simetría o posición en las semillas. Venkatarayan (103) indica que la curvatura del óvulo y la presencia de hendiduras en el endosperma es debida a que el lóculo inicialmente redondo, crece en sentido tangencial y llega a ser radialmente aplanado.

Variabilidad en tamaño del fruto. Schweitzer (83) encontró que la altitud influye en el tamaño del fruto y que las plantas en luga-

res bajos producen frutos de menor tamaño. Castillo (16) indica que 'Mundo Novo' y 'Caturra Rojo' tienen tamaño similar a 'Typica'; 'Bourbón Amarillo' y 'Typica Amarillo' son similares a 'Bourbón Rojo'. La forma de los frutos observados muestra que 'Mundo Novo' produce frutos más redondeados y 'Caturra Amarillo', más alargados.

Desarrollo de color en el fruto de C. arabica L. La información sobre el desarrollo de color en el fruto del café es muy escasa. Investigaciones relativas a este punto incluyen los trabajos de Krug y Carvalho (55, 56) quienes opinan que los factores genéticos que condicionan la coloración del pericarpo están determinados por un par de genes Xc Xc (xanthocarpa); en forma dominante producen un color rojo intenso; en su condición heterocigota Xc xc, rojo claro, y recesiva, xc xc, color amarillo. Roelofsen (79) observó la localización y tipo de los pigmentos en el pericarpo del fruto del café. Según este autor en el fruto maduro se presenta antocianina de tipo tanino-catechol, en grupo de células parenquimatosas esparcidas por todo el pericarpo, pero con mayor intensidad en la región hipodérmica.

MATERIALES Y METODOS

Desarrollo del pericarpo y la semilla en la variedad 'Typica'.

Desde el día de la floración hasta la madurez, se recolectaron cada dos semanas, frutos de la variedad 'Typica' y se fijaron en FAA para el estudio histológico, principalmente de la vascularización. Algunos de estos frutos se deshidrataron con alcohol etílico o en dioxan, se montaron en parafina y se prepararon cortes de 10 a 20 micras que luego se tiñeron con safranina y verde rápido.

Con el fin de observar el desarrollo de la semilla después de la fecundación, se realizaron cortes cada dos semanas en las posiciones que indicarán más adelante, para observar el desarrollo del perfil, y se prepararon cortes finos a mano, para la observación microscópica. Se tomaron medidas de longitud de la semilla, los dos anchos, y el espesor del pericarpo. Después de los 90 días, cuando el embrión se hizo visible, se registró su longitud y el ancho de los cotiledones. El número de observaciones en cada uno de los casos fue de diez. Con los datos de desarrollo de las semillas se trazaron curvas colocando como abscisas el número de días, y como ordenadas las dimensiones de la semilla expresadas en milímetros.

Con la misma regularidad que se efectuaron estas observaciones de desarrollo de la semilla, se prepararon cortes a mano de la región del parénquima del mesocarpo y del integumento, a fin de observar las variaciones morfológicas y dimensionales de sus célu-

las. De ambos tejidos se hicieron 5 cortes, y en cada uno se midieron 10 células de los estratos centrales del mesocarpo y en el extremo del integumento. Debido a que se observaron variaciones en las dimensiones, se tomaron registros de longitud y de ancho para luego obtener un promedio. Estos datos de dimensiones celulares se representaron gráficamente en expresión logarítmica en relación con el ancho del pericarpo y del perisperma, respectivamente. Mediante este planteo indicado por Havis (44) y Sinnott (87) se puede llegar a determinar si el crecimiento de un órgano o tejido se debe únicamente al agrandamiento celular o a divisiones y expansión en forma coordinada. En el primer caso la curva sería una línea recta; en el segundo, al inicio, una recta de pendiente baja, y luego marcadamente ascendente. De los cortes que se utilizaron para la observación del desarrollo de la semilla, se realizaron dibujos con microscopio de disección, de células en diferentes estados de desarrollo, con un aparato de dibujo.

Desarrollo del perfil del fruto en cortes longitudinales y transversales. Con el fin de observar las posibles variaciones que se produjeran durante el desarrollo, se realizaron periódicamente cortes longitudinales y transversales en los cinco cultivares en estudio. Se utilizó para este propósito una navaja de un solo filo. El corte longitudinal se hizo a partir del disco hasta el pedúnculo, paralelo al ancho mayor; el transversal en la región media de mayor perímetro. Los cortes se colocaron con rapidez

en papel de dibujo y con un lápiz se trazó su contorno.

Crecimiento y desarrollo de frutos. Las observaciones de crecimiento y desarrollo de frutos, se llevaron a cabo en parcelas experimentales del Departamento de Fitotecnia, del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, en Turrialba, Costa Rica. Para este fin se utilizaron los siguientes cinco cultivares de Coffea arabica L.: 'Typica', 'Bourbón', 'Maragogipe', 'Leroy' y una pro- genie seleccionada por este Instituto, como de maduración tardía y denominada con el número T-539. Las plantas se encuentran cul- tivadas bajo sombra regulada de Eythrina poepiggiana (Walp) O.K. e Inga edulis Mart.

La localización de los frutos se realizó en la siguiente for- ma: Se escogió la floración más profusa, en cada uno de los 5 cul- tivares, que fue para 'Bourbón', el primero de marzo de 1960 y pa- ra las restantes, el primero de abril del mismo año. Una vez que se consideró que las flores habían sido ya fecundadas, se selec- cionaron las ramas de fácil acceso, sanas y con nudos centrales provistos de sus respectivos pares de hojas. De cada nudo se to- mó únicamente una axila, que presentara un número no menor de cua- tro flores. Se marcaron luego las ramas seleccionadas y se anotó su ubicación en la planta, según la posición de las agujas del reloj (a las 12 el Norte).

Una vez que las flores se marchitaron, se hizo un dibujo de cada una de las axilas que se iban a utilizar para el estudio, con el fin de localizar los frutos. Durante el desarrollo del

trabajo hubo necesidad de repetir estos dibujos varias veces, debido a que los frutos cambian de posición. A cada uno de ellos se le asignó arbitrariamente un número que sirviera para su identificación, tanto en el dibujo, como en la anotación de datos.

El tamaño de la muestra, en cada uno de los cultivares fué inicialmente mayor de cien frutos. Al final del período de desarrollo se tomó el 50% de los frutos que quedaban al aparecer las primeras señales de maduración. Las muestras quedaron en la siguiente forma: 'Typica' 40 frutos, 'Bourbón' 50 frutos, 'Leroy' 30 frutos, T-539 35 frutos y 'Maragogipe' 14 frutos.

Cada dos semanas, a partir de los 14 días después de la floración, y en las últimas etapas cada 7 días se registraron los incrementos dimensionales. Para este fin se utilizó un calibrador de vernier con aproximación al décimo de milímetro. Las medidas consideradas fueron la longitud y los dos anchos, según el esquema de la figura 1-B. Es necesario aclarar que las 3 dimensiones no se registraron desde el principio, debido a que al inicio el fruto es casi redondo y además no se puede determinar con exactitud la separación de éste y el pedúnculo.

Las curvas de crecimiento y desarrollo se trazaron con el promedio de la muestra en cada uno de los cultivares. Se colocaron en el eje de las abscisas el número de días y en el de ordenadas las dimensiones en cada fecha, expresadas en milímetros. La escala utilizada fue de un milímetro por día y de un centímetro por milímetro de dimensión.

En la variedad 'Typica' se expresó la dispersión de las obser-

vaciones en cada uno de los puntos de las curvas de crecimiento, por medio de la "desviación típica" (standard deviation), con una escala de medio centímetro por milímetro. En esta misma variedad, se calcularon los coeficientes de correlación simple entre las dimensiones consideradas.

Con el fin de determinar las diferencias varietales respecto a las curvas de crecimiento y desarrollo, se aplicaron pruebas de *t* de Student en algunos puntos de las curvas. En la generalidad de los casos, se utilizó el segundo período de crecimiento, durante el cual las dimensiones varían muy poco y se mantienen bastante similares por algún tiempo. También se aplicaron pruebas de *t* de Student en los puntos finales de las curvas, o sea en la época de madurez plena de los frutos. Con el fin de observar la variación de la proporción del crecimiento entre las dimensiones, se calcularon las relaciones entre el ancho mayor y el menor, y entre la longitud y estos dos anchos. Los cálculos se realizaron en los cinco cultivares y en los tres períodos de desarrollo del fruto. Para el primer período, el cálculo se realizó cuando se midieron por primera vez las tres dimensiones. En el segundo entre los 135 a 140 días, y para el tercer período en la plena madurez del fruto.

Peso y volumen. En los cultivares 'Typica', 'Bourbón' y la proge-
nie tardía T-539, se tomaron cada mes, a partir del día de la flo-
ración, muestras de cien frutos, para la determinación de peso y
volumen. El peso de la muestra se determinó en una balanza de
torsión con aproximación al centígramo. El volumen se obtuvo por
medio del desplazamiento en agua destilada de la muestra en una

probeta.

Con los datos de peso y volumen se calculó la densidad y en esta forma se trazaron las curvas de desarrollo de las variables anotadas. Las curvas se plantearon colocando como abscisas el número de días, y como ordenadas el peso de la muestra en gramos, su volumen en centímetros cúbicos y la densidad, en unidades relativas de densidad.

Desarrollo del color en el pericarpo del fruto. Para el estudio del desarrollo del color, se utilizaron los mismos frutos empleados para la determinación de las curvas de incrementos dimensionales. Con el fin de determinar las variaciones que se pudieran presentar entre variedades con respecto a estas características, se preparó la siguiente escala de valores: frutos verde-amarillentos, valor 0; amarillo-verdoso, 1; tinte rojizo ligero, 2; rojo y amarillo más o menos en partes iguales, 3; frutos con predominancia de color rojo, pero con ligeros tintes amarillos generalmente en la inserción del pedúnculo, 4; frutos totalmente rojos pero de un tono bajo, 5; y rojo intenso de tinte carmesí, 6.

Las observaciones de color se realizaron cada siete días y cesaron una vez que el total de la muestra alcanzó el grado 6 de la escala.

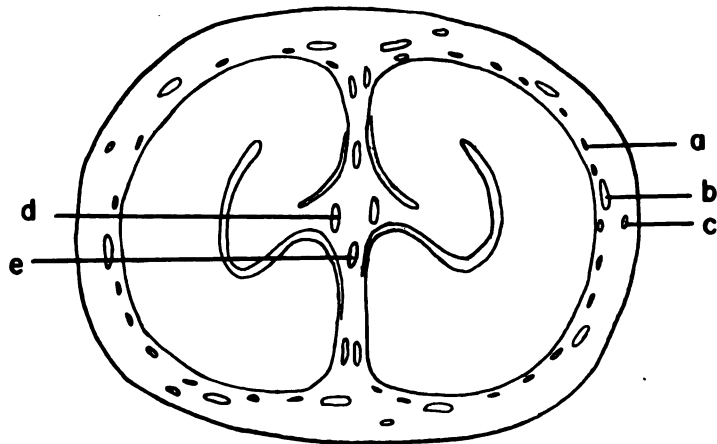
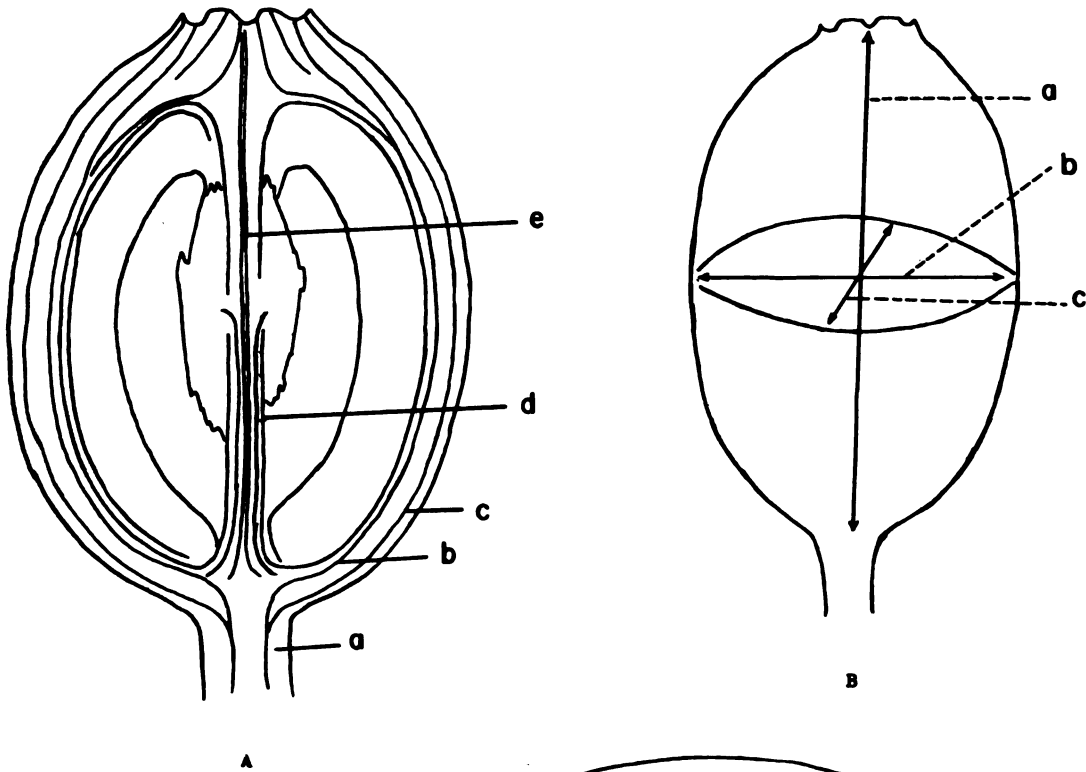
Las curvas de desarrollo de color se hicieron colocando en el eje de las abscisas el número de días después de la fecundación, correspondiente a cada observación. Las observaciones se iniciaron a la aparición de los primeros síntomas de color. En el eje

de las ordenadas se colocaron los porcentajes del total de la muestra de acuerdo a los valores expresados en la escala de valores de coloración indicada anteriormente.

RESULTADOS

Vascularización del fruto en la variedad 'Typica'. Los resultados del estudio anatómico de la vascularización del fruto en la variedad 'Typica', realizados en preparaciones fijas de cortes de frutos de dos meses, se detallan a continuación.

La figura N^o 1-A representa un corte longitudinal esquemático, paralelo al ancho mayor del fruto. Como se puede observar en ella, una vez que el cilindro vascular del pedúnculo a alcanza el pericarpo del fruto, se inicia la diferenciación de los principales trazos vasculares. La primera rama vascular c corresponde a la vascularización del antiguo hipantio, y recorre la zona exterior del mesocarpo, hasta alcanzar en el final la base, aún persistente, de los sépalos. La segunda rama b, que se observa a continuación, es la dorsal y recorre el endocarpo y la región interna del mesocarpo. Antes de alcanzar el ápice del fruto, se ramifica, y sus bifurcaciones penetran en la región del que fue estilo, en la inserción del tubo de la corola y en el disco. En la región central de la Fig. 1-A se observa la diferenciación, a partir del cilindro vascular, de dos ramas funiculares, d, que constituyen la



1 mm

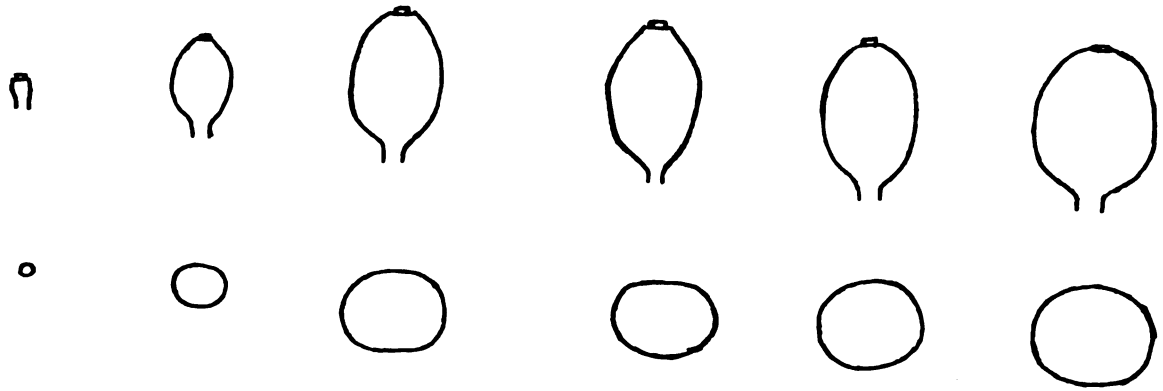
Figura 1-A. Vascularización del fruto de café cultivar 'Typica', un corte longitudinal (esquema). a) cilindro vascular; b) rama dorsal; c) rama hipantio-cáliz; d) rama funicular; e) haces medulares. **B.** Dimensiones consideradas en este estudio. a) longitud; b) ancho mayor; c) ancho menor.

Figura 2. Vascularización del fruto de café cultivar 'Typica', corte transversal. a) bifurcaciones de rama dorsal; b) rama dorsal; c) rama hipantio-cáliz; d) rama funicular; e) haces medulares.

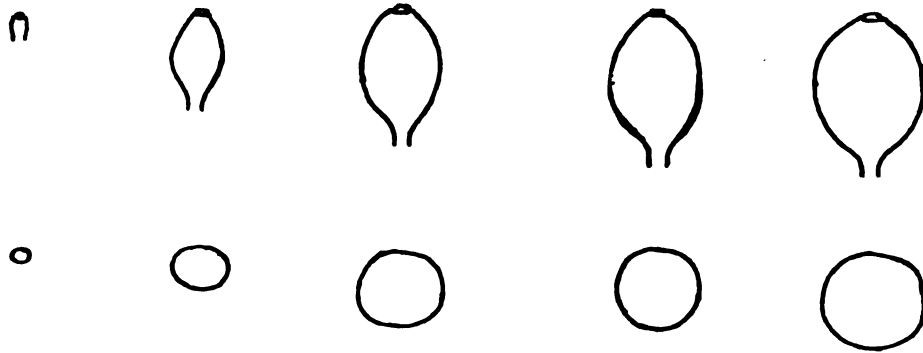
vascularización de la semilla. Además de los haces vasculares principales anotados anteriormente se notan otros, e, que se diferencian del cilindro vascular central, aproximadamente a la altura en que la rama dorsal comienza a bordear la cavidad que ocupa la semilla. Estos haces recorren el fruto en la región medular, que corresponde al tejido conectivo, localizado entre las dos cavidades. Una vez que estos haces alcanzan el ápice del fruto, se internan en la región central del disco, en la antigua inserción del estilo.

El corte transversal (Fig. 2) presenta tres hileras principales de haces vasculares, que se indican con las letras a, b, c. Las dos hileras más internas, que se encuentran esparcidas en el endocarpo y mesocarpo interno a y b, corresponden a la rama dorsal y sus ramificaciones. El otro grupo de haces que se indica con c, y que se encuentra esparcido en la parte externa del mesocarpo, corresponde a la vascularización del antiguo hipantio. En el mismo corte, en la región central, se observan las dos ramas funiculares d y unos 6-7 haces esparcidos en el conectivo, que corresponden a la vascularización de este tejido y del antiguo estilo.

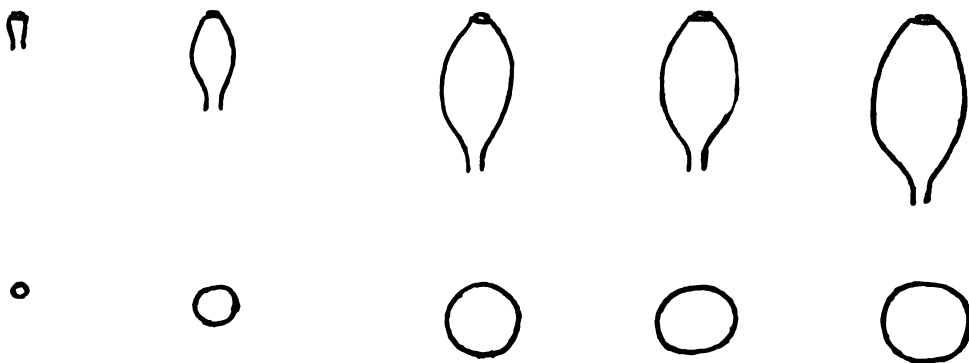
Cuando se compara la vascularización que presenta un corte del fruto a los dos meses, con ovarios de pocos días después de la fecundación, se nota que los haces que han incrementado más en tamaño son los correspondientes a la rama dorsal y a las funiculares, mientras que los haces del hipantio permanecen poco diferenciados. El mismo hecho se puede observar en frutos de 4 meses de desarrollo. En estos últimos se nota también que el integumento



a



b



c

1cm

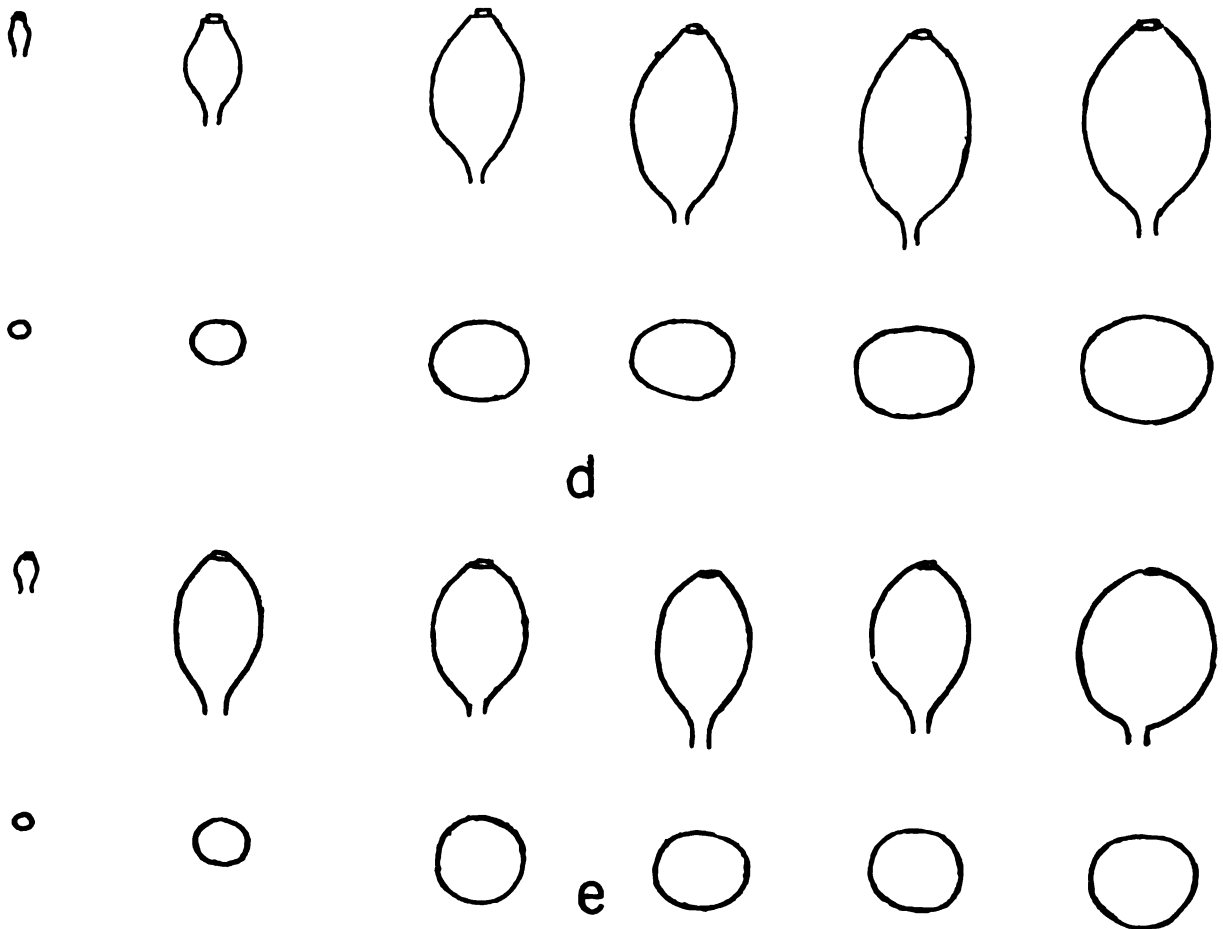


Figura 3. Cortes longitudinales y transversales en frutos de los cinco cultivares de café. a) 'Typica' de 1, 2, 3, 5, 6 y 8 meses; b) 'Bourbón' de 1, 2, 3, 5 y 7 meses; c) 'Leroy' de 1, 2, 3, 5 y 7 meses; d) Maragogipe de 1, 2, 3, 5, 6 y 8 meses; e) T-539 de 1, 2, 3, 5, 6 y 9 meses. En cada cultivar el último corte corresponde a un fruto maduro

que ha sido desplazado y aplastado por el endosperma, conserva aún algunos trazos vasculares, lo que aparentemente no posee el último.

Desarrollo morfológico externo del fruto. En la Fig. 3 se observan las variaciones morfológicas de los cinco cultivares considerados en el presente estudio, desde los primeros días de su desarrollo hasta la madurez.

Durante las primeras cuatro semanas después de la fecundación, no se observan mayores diferencias morfológicas en los cortes transversales y longitudinales en los cinco cultivares, y el disco del ovario ocupa más de un tercio de la masa total del fruto. Después de las seis semanas de crecimiento se distinguen ya diferencias en los frutos de las variedades. Los frutos de 'Maragogipe' y 'Leroy' (c y d) presentan en los cortes longitudinales mayor alargamiento en este sentido, comparados con los de los otros cultivares. El disco ocupa, en esta etapa y en todos los casos, sólo una pequeña parte del total del fruto. El ápice del fruto de 'Maragogipe' se observa mucho más aguzado que el de las otras variedades. En cortes transversales es posible observar ya la diferenciación de dos ejes en la anchura del fruto. Tanto las áreas longitudinales como transversales continúan aumentando sus dimensiones, durante unos tres meses; de aquí en adelante se registran pocas variaciones morfológicas. El 'Maragogipe' conserva aún su ápice aguzado, pero en los últimos meses de desarrollo éste comienza a disminuir, hasta que en la madurez ha desaparecido casi por completo. No obstante se ha podido notar que algunos

frutos de 'Maragogipe' no presentan en ninguna etapa de su desarrollo este tipo de ápice.

Una vez que se observan los primeros síntomas de aparición del color amarillo-verdoso en el pericarpo, los frutos presentan de nuevo aumentos en sus dimensiones, hasta alcanzar su máximo cuando el color rojo es intenso y uniforme. En esta etapa se observan aún las diferencias anotadas anteriormente en relación a la longitud, en 'Maragogipe' y 'Leroy', en proporción a los dos anchos. Al mismo tiempo 'Bourbón' b, presenta un área transversal mucho más circular que 'Typica' a, 'Maragogipe' d y T-539 e. El área transversal en 'Leroy' c es marcadamente elíptica. El disco en todos los casos se conserva aún en el ápice del fruto, pero su área es ya muy reducida.

Crecimiento y desarrollo del pericarpo. Las observaciones de crecimiento y desarrollo en el pericarpo de la variedad 'Typica' muestran los siguientes resultados: durante los 30 primeros días después de la fecundación los frutos en crecimiento presentan a través de todo el pericarpo gran cantidad de divisiones celulares, lo que se puede notar en la Fig. 4-a. La expansión celular en esta época es muy limitada, pues como lo indica la curva de crecimiento en la Fig. 5-a el pericarpo aumenta su espesor muy lentamente. La forma de las células es casi redondeada con un ancho promedio de 31 micras (Fig. 4-a). Después de los 45 días el crecimiento se hace mucho más activo y las divisiones celulares continúan lo mismo que la expansión celular. A los 60 días después de la fecundación las células muestran un ancho promedio de 38 mi-

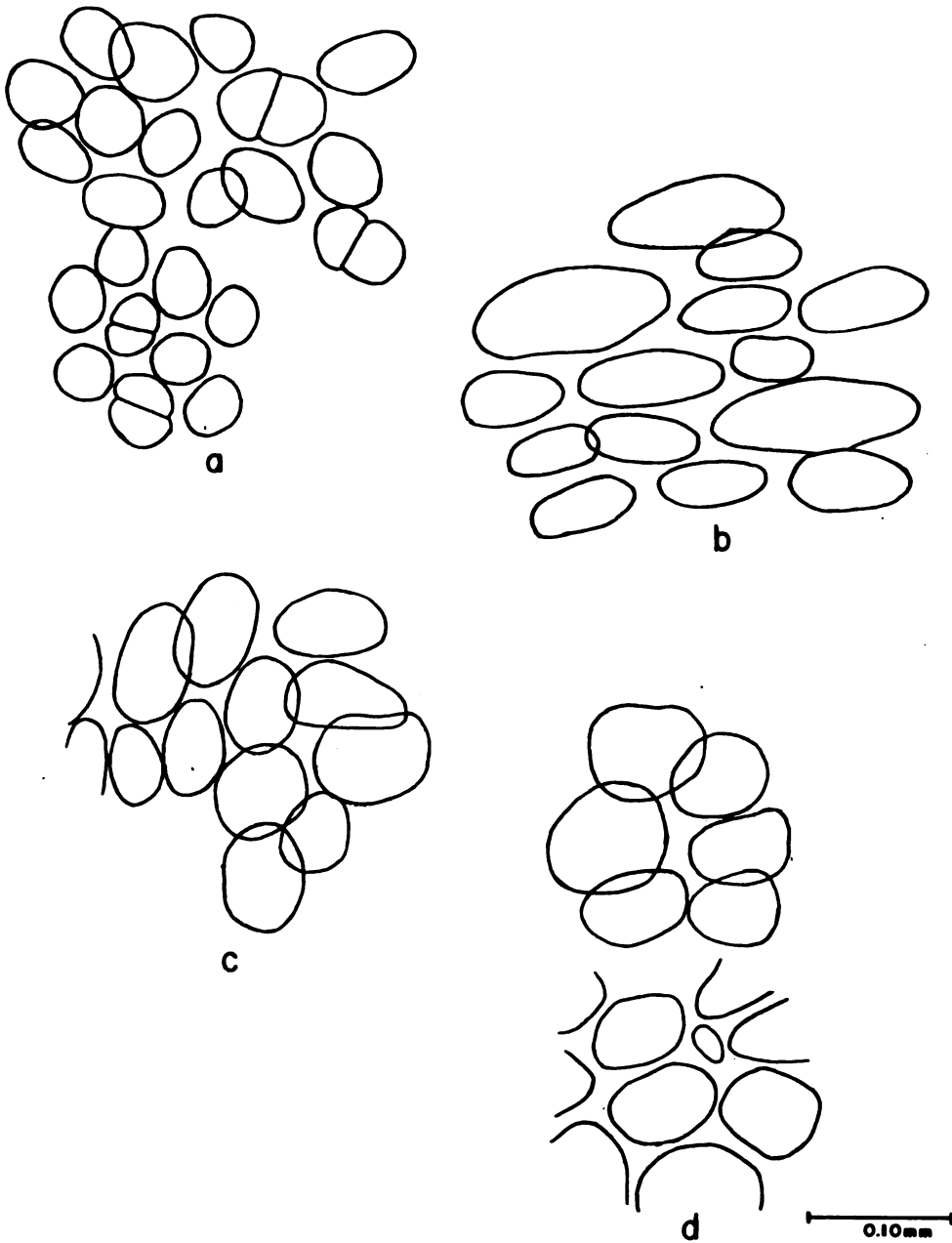


Figura 4. Células del mesocarpo de café cultivar 'Typica' en diferentes etapas de crecimiento. a) células de 30 días después de la fecundación con tamaño promedio de 30 micras, forma redondeada y algunas en reciente estado de división; b) de 90 días, tamaño promedio 49 micras, de forma más alargada que en el caso anterior; c) de 200 días, con tamaño promedio de 63 micras y forma redondeada; d) de 230 días, con tamaño promedio de 69 micras en frutos totalmente maduros.

cras, su forma es más alargada, lo que unido además a la mayor frecuencia de divisiones radiales, determinan la diferencia cada vez más marcada entre los dos anchos externos del fruto.

Aproximadamente a los 90 días el aumento en espesor del fruto se paraliza, las divisiones celulares y el incremento dimensional de las células por expansión cesan casi por completo. La forma de las células es en muchos casos elíptica u ovalada (Fig. 4-b), y el ancho promedio es de 49 micras. Las células del parénquima del endocarpo se han transformado parcialmente en esclereidas con el consiguiente endurecimiento de este tejido. A partir de esta época en adelante no se observa mayor variación en los tejidos del pericarpo, únicamente el endocarpo continúa su proceso de endurecimiento.

Después de los 200 días, los frutos comienzan a mostrar un amarillamiento externo, y es en esta época cuando el pericarpo muestra otras transformaciones de interés. Las células aumentan su ancho promedio a 63 micras y su forma se hace un poco más redondeada, (Fig. 4-c) Entre las capas internas del mesocarpo y el endocarpo se nota la aparición de un estrato de células parecidas al tejido en empalizada de una hoja.

A los 230 días muchos frutos han alcanzado su máxima madurez, lo que se aprecia por el color rojo carmesí en el exterior del pericarpo. Las dimensiones externas, principalmente los dos anchos, se incrementan considerablemente en un período muy corto. Sin embargo, como se puede observar en la Fig. 4-d, el pericarpo presenta únicamente un pequeño aumento, con un ancho promedio de células de 69 micras, y el verdadero responsable del incremento dimen-

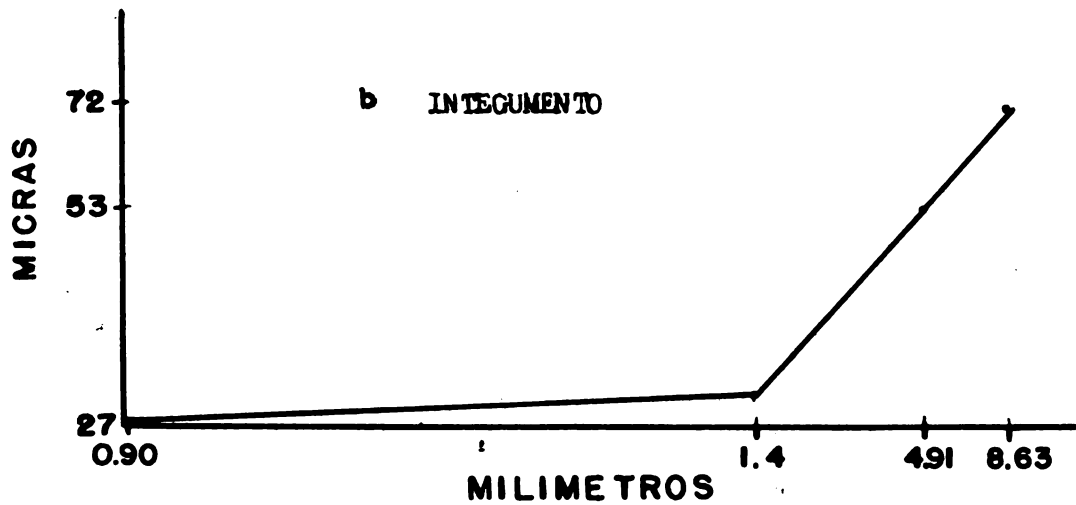
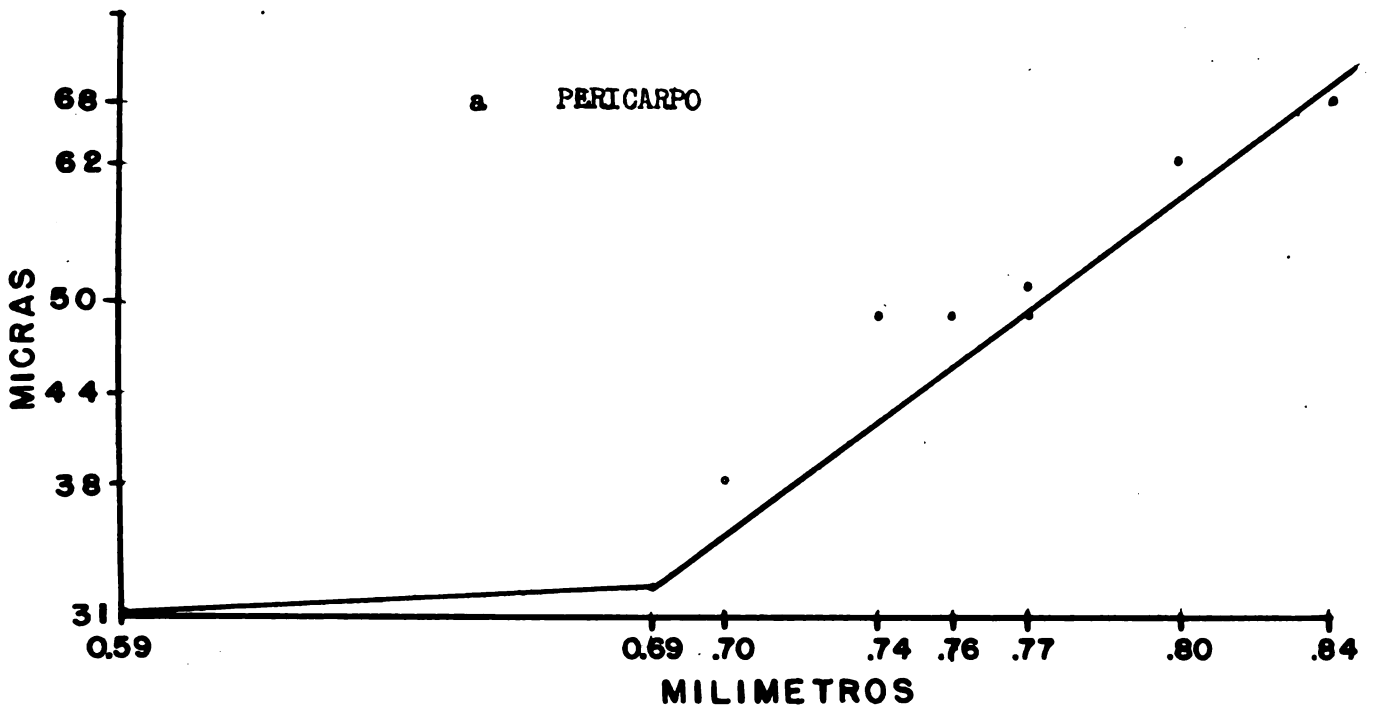


Figura 5. Curvas de crecimiento en escala logarítmica del pericarp, ancho mayor del tegumento y tamaño promedio de sus células.

sional, es el tejido en empalizada, que se ha transformado en una capa gelificada, mucilaginoso, de espesor casi igual al del pericarpo.

Estudio del crecimiento y desarrollo de la semilla en la variedad

'Typica'. El óvulo fertilizado durante los primeros 30 días de su desarrollo, no presenta mayor alteración morfológica, como se aprecia en la Fig. 6, a y b. Después de este período se observa un crecimiento en la región cercana al funículo, y al mismo tiempo la zona distal, correspondiente al tejido que rodea el micropilo, comienza a curvarse, como se puede notar en la Fig. 6 c. Este crecimiento está localizado, casi en su totalidad, en el tejido de la primina, o sea el único integumento que posee el óvulo en el género Coffea. Después de los 45 días de haberse realizado la fecundación, se observa una gran actividad de crecimiento en las diferentes regiones del tegumento (Fig. 6 d, e y f). La región cercana al funículo presenta una curvatura bastante marcada, que presiona sobre la zona mediastinal de la semilla en desarrollo. Al mismo tiempo que esto sucede, el extremo del óvulo que también presenta un crecimiento bastante activo, da una vuelta contraria a su antigua posición y se coloca paralelo a la curvatura anteriormente citada y en dirección a la zona funicular. Esto se puede observar en la Fig. 6 g, que corresponde a un corte hecho a los 60 días después de la fecundación.

Después de estos 60 días de activo crecimiento la semilla casi ha alcanzado la posición que mantendrá hasta su madurez. El

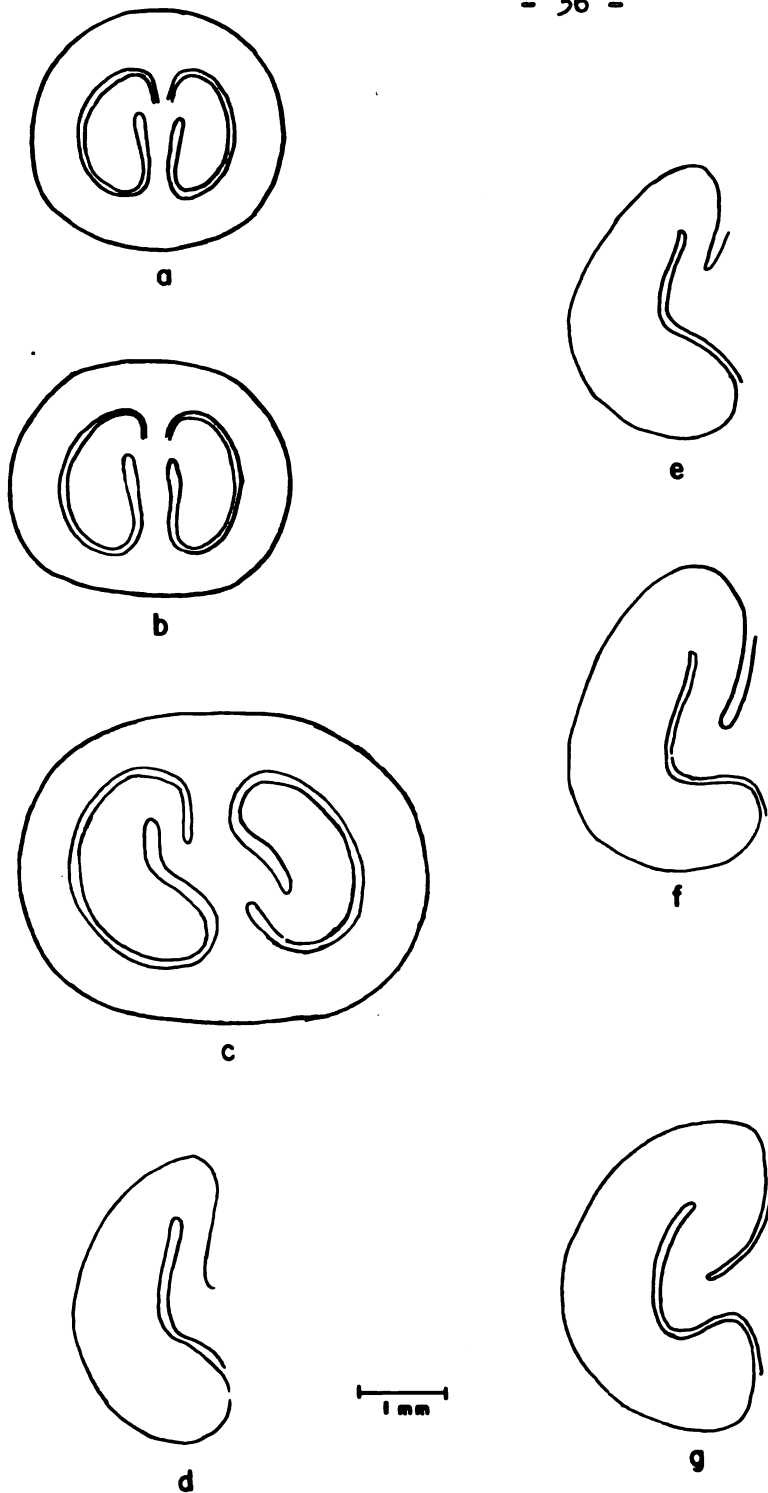
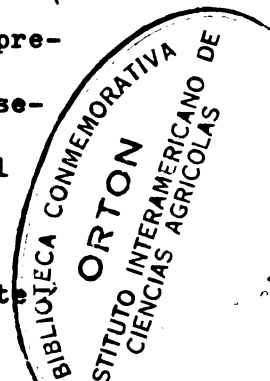


Figura 6. Fases de desarrollo de la semilla de café en 'Typica', hasta los 60 días después de la fecundación. a) 15 días; b) 30 días; c) 45 días; d-g) de 45 a 60 días.

lóculo que al inicio es casi hemisférico, presenta una forma hemiovoide, con su mayor dimensión en la región del tejido conectivo.

El crecimiento en el integumento se lleva a cabo por división y por expansión celular, aunque la primera modalidad parece predominar en los primeros estados de desarrollo. Si observamos la Fig. 5 b en que se compara en escala logarítmica, el diámetro promedio de células del integumento con el ancho mayor de la semilla, según el método descrito por Sinnott (87), se notará que la curva que resulta no es una línea recta, lo que da base para suponer la modalidad de crecimiento descrito anteriormente. Se utiliza la palabra integumento para designar el tejido en crecimiento, ya que el término "perisperma", empleado por otros autores (Houk (47, 48)), no es adecuado, pues como lo indicó Dedecca (23), se llama perisperma únicamente a tejidos derivados de la nucela, y en el caso del café es la primina la que se desarrolla.

Las células de la semilla en este estado presentan tamaños y formas bastante irregulares, son de paredes muy delgadas y de consistencia acuosa. En este período, en cortes a mano, el embrión y el endosperma no son fácilmente visibles. A los 75 días la apariencia morfológica de la semilla, que ya ocupa su posición definitiva en el lóculo (Fig. 7 a) es bastante similar a la anterior, ya que únicamente se observa que la región funicular se presenta más delgada. De aquí en adelante las dimensiones de la semilla (Fig. 8) no incrementan más, debido al endurecimiento del endocarpo que comienza a presentar esclereidas. A los 90 días se observa el endosperma en crecimiento activo, y dentro de éste



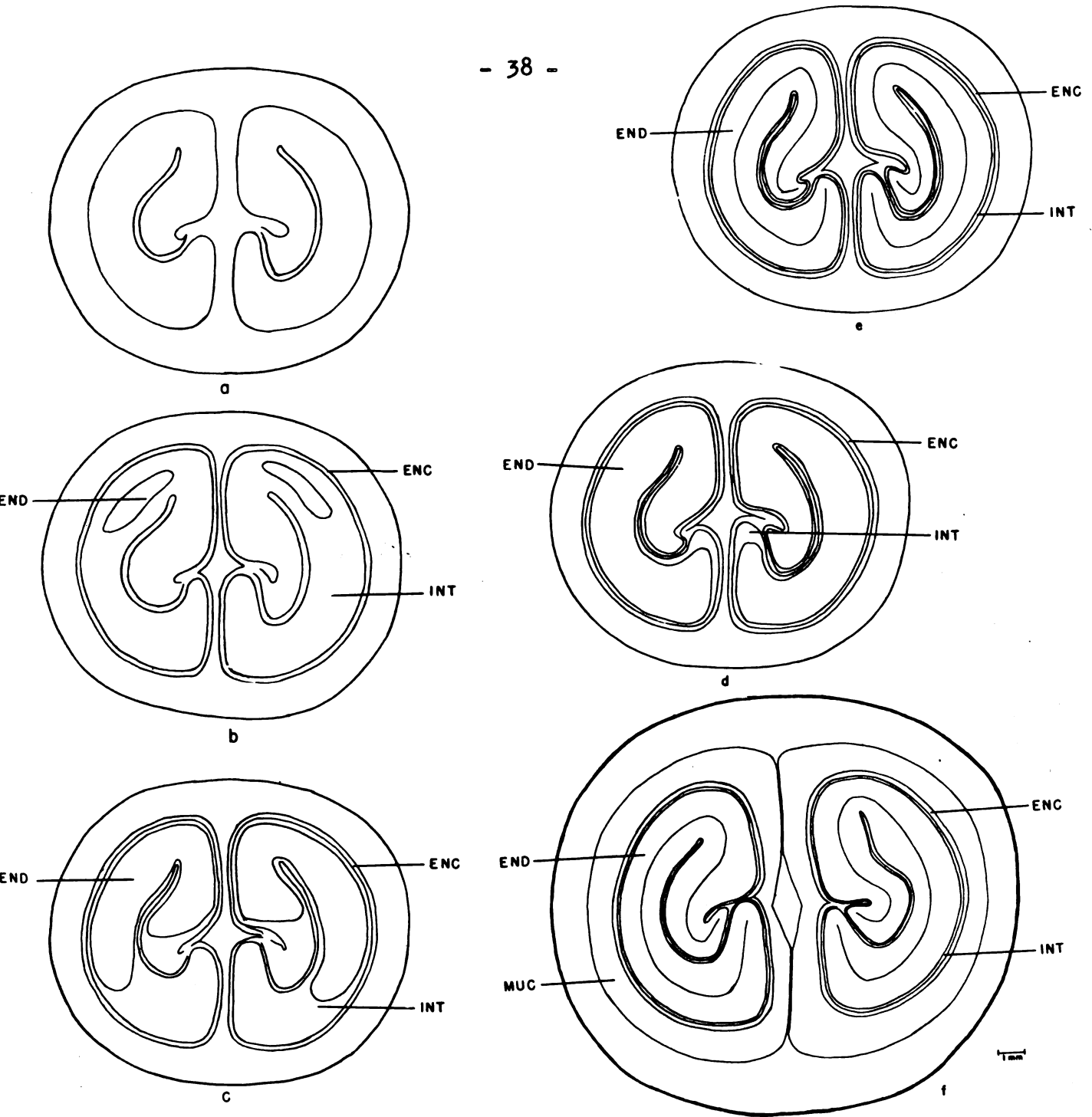


Figura 7. Fases de desarrollo de la semilla de café en 'Typica', desde los 75 días después de la fecundación hasta la madurez. a) semilla a los 75 días que ocupa ya su posición definitiva en el lóculo; b) a los 90 días se observa inicio del endosperma y el endocarpo endurecido; c) a los 105 días días el endosperma cubre el 50% de la cavidad; d) a los 120 días el tejido del tegumento ha sido sustituido casi en forma total por el endosperma; e) a los 150 días el endosperma cubre ya todo el lóculo y el integumento se localiza en la periferia; f) semilla de fruto maduro a los 240 días, alrededor del endocarpo se nota el mucílago. END, endosperma; INT, integumento; ENC, endocarpo; MUC, mucílago.

se puede localizar el embrión, de un tamaño aproximado de medio milímetro (Fig. 7 b), pero aún no se aprecia una diferenciación de los cotiledones. A los 105 días (Fig. 7c) el endosperma está más desarrollado y cubre aproximadamente el 50 % de la semilla; el embrión continúa su crecimiento y las células del integumento, que son aplastadas por el endosperma, se localizan en la periferia de éste. A los 120 días (Fig. 7 d), se observa ya muy poco tejido del integumento; el embrión ha crecido activamente y mide unos 3.5 mm. de longitud y los cotiledones 1.1 mm. de anchura. En la Fig. 7 e que corresponde a los 150 días, se observa como el integumento ha sido substituido por completo por el tejido del endosperma, y el primero se ha reducido a una capa de esclereidas y parénquima aplastado que rodea al segundo; el embrión ha alcanzado ya su tamaño casi definitivo: unos 4.5 mm. de longitud por 1.7 mm. de anchura de los cotiledones. A los 165 días se inicia el endurecimiento del endosperma, y en las paredes de las células se notan engrosamientos cuya presencia sugiere la existencia de campos primarios de punteaduras.

De esta época en adelante la semilla no presenta ya mayor alteración morfológica, y el endosperma continúa su endurecimiento, lo que es ya un obstáculo mecánico para el crecimiento del embrión. Es necesario aclarar que no todos los frutos crecen a un mismo ritmo y que a veces se observan semillas en que el embrión y el endosperma se desarrollan con lentitud.

Curvas de crecimiento y desarrollo. Las curvas de crecimiento y desarrollo en los cinco cultivares estudiados en el presente tra-

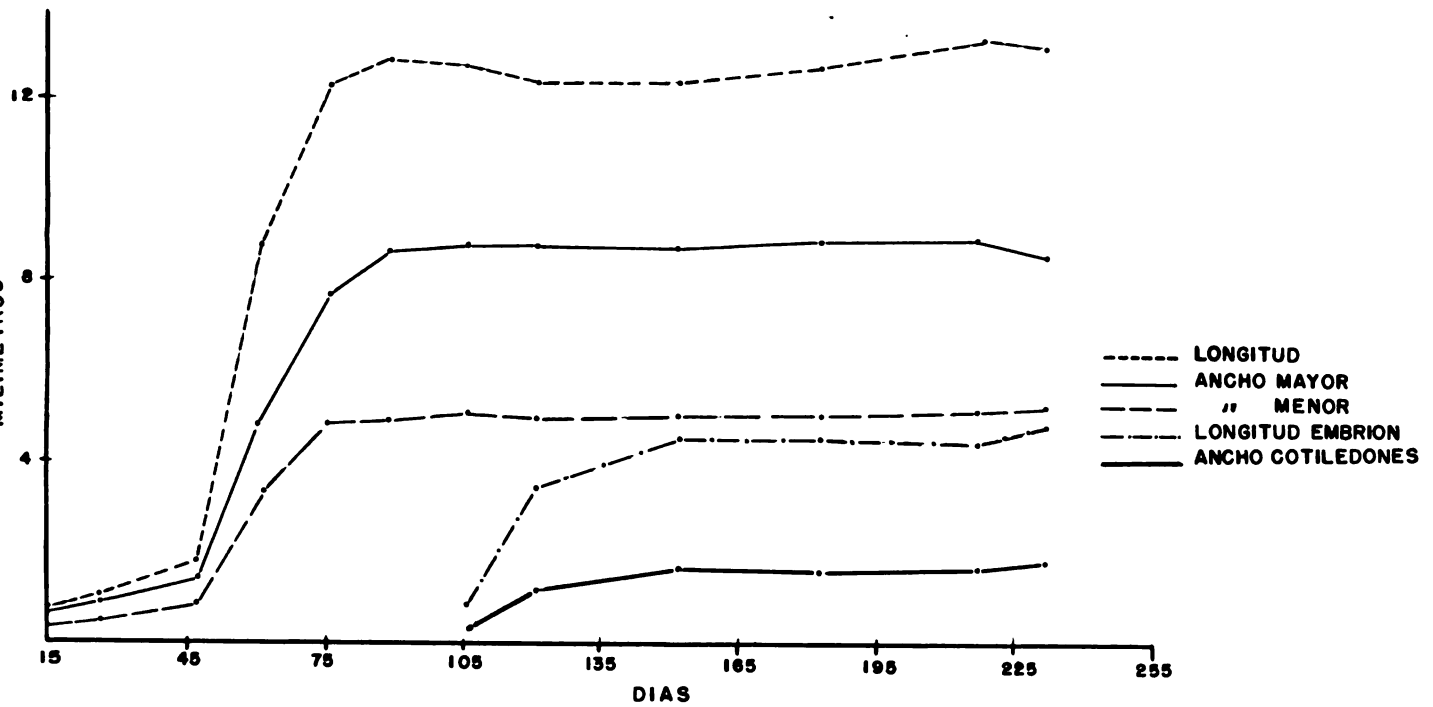


Figura 8. Curvas de crecimiento de la semilla y el embrión en 'Typica'.

bajo muestran una forma sigmoidea doble. Este hecho se puede observar en las Figs. 9, 10, 11, 12 y 13⁺ que corresponden respectivamente al crecimiento de los frutos en sus tres dimensiones, desde la fecundación hasta la madurez, en el siguiente orden: 'Typica', 'Bourbón', 'Leroy', T-539 y 'Maragogipe'. El mismo fenómeno se aprecia en las Figs. 14 y 15 que corresponden al crecimiento de frutos anormales, "triángulo" y "caracolillo" respectivamente.

La forma sigmoidea doble de las curvas de crecimiento en el fruto de café, está condicionada por la presencia de tres períodos de crecimiento, como se puede observar en las figuras citadas anteriormente. El primer período se inicia después de la fecundación y es al principio, en los cinco cultivares, de crecimiento muy lento, y dura aproximadamente unas cuatro semanas. Después el crecimiento se acelera y las tres dimensiones se observan ya bien definidas. Esta condición de rápido crecimiento se mantiene más o menos constante, durante un lapso que varía de 8 a 9 semanas en 'Typica', 'Bourbón', 'Leroy' y T-539, y de 9 a 10 semanas en 'Maragogipe'. Lo indicado arriba se puede observar en las Figs. 16, 17 y 18, que corresponden respectivamente a la comparación de las curvas de crecimiento de los cinco cultivares en sus tres dimensiones, ancho mayor, ancho menor y longitud.

Después de esta primera etapa se inicia el segundo período, que se caracteriza por un crecimiento muy lento y en algunos ca-

⁺ Los valores numéricos que se utilizaron para trazar las curvas de las figuras de este estudio se encuentran en el archivo del Departamento de Fitotecnia de este Instituto.

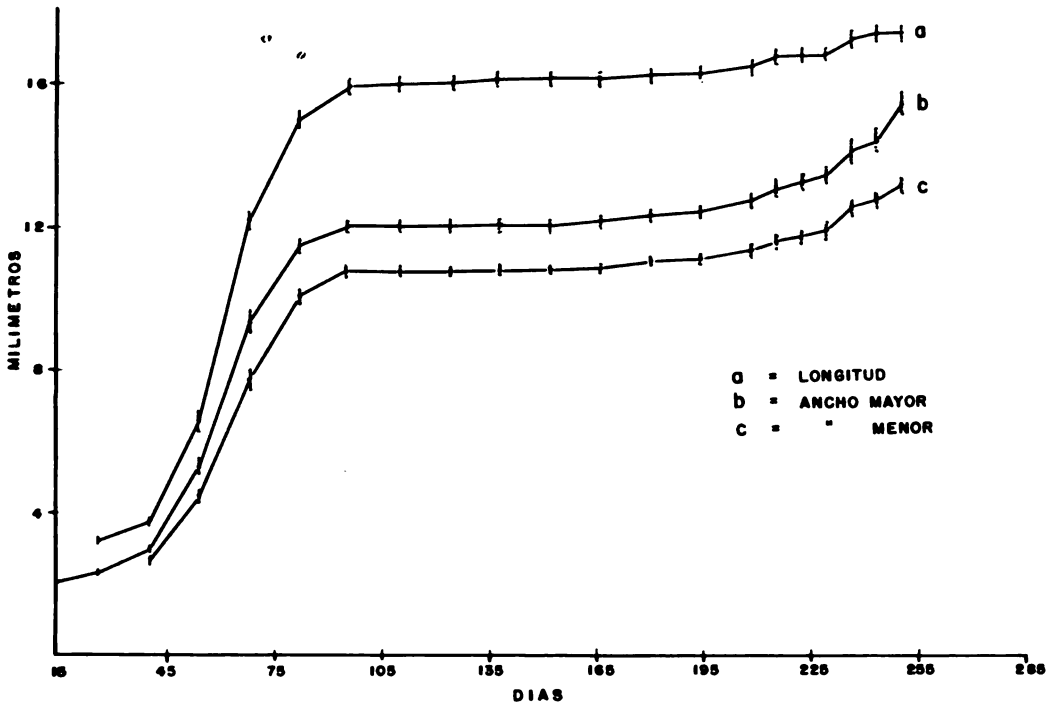


Figura 9. Curvas de crecimiento del fruto en 'Typica' con desviaciones típicas (standar deviation).

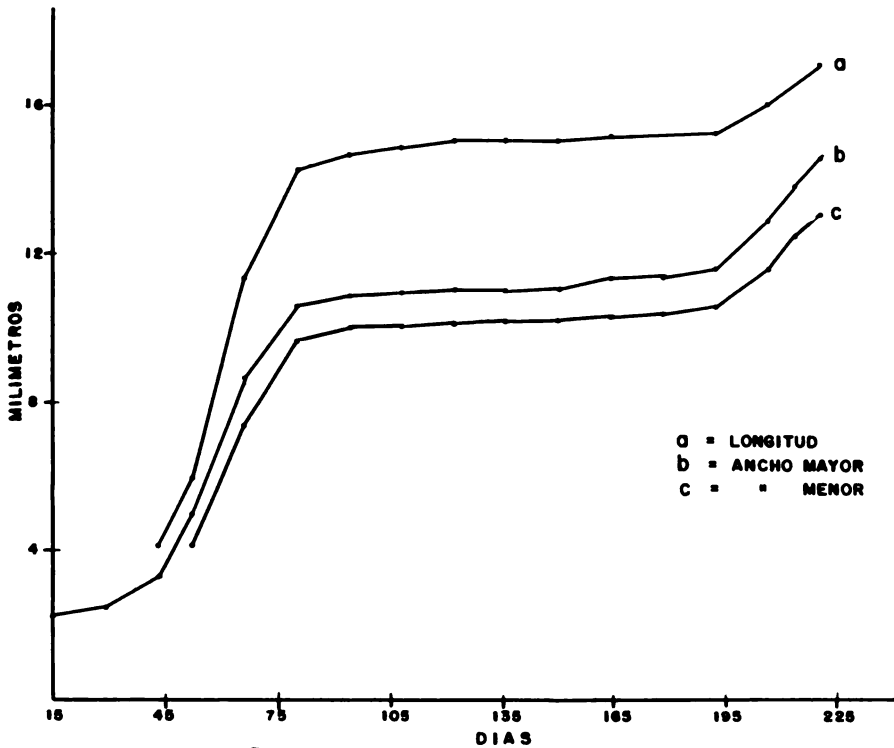


Figura 10. Curvas de crecimiento del fruto en 'Bourbón'.

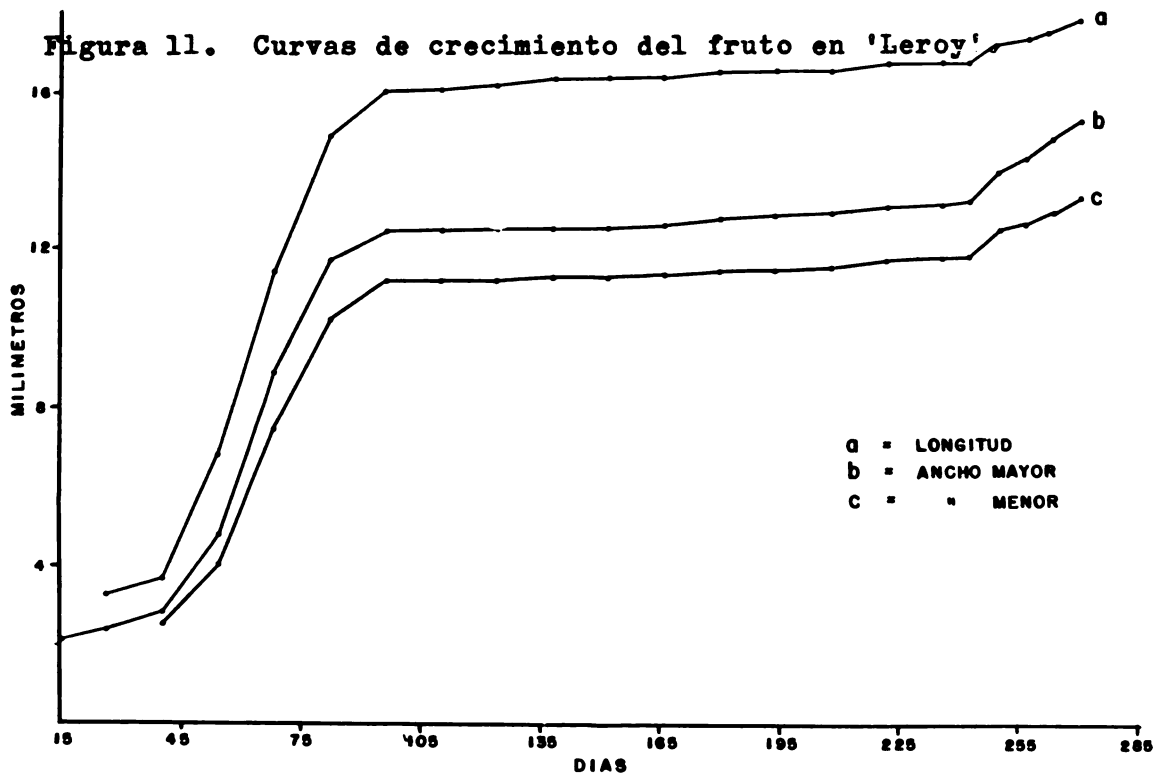
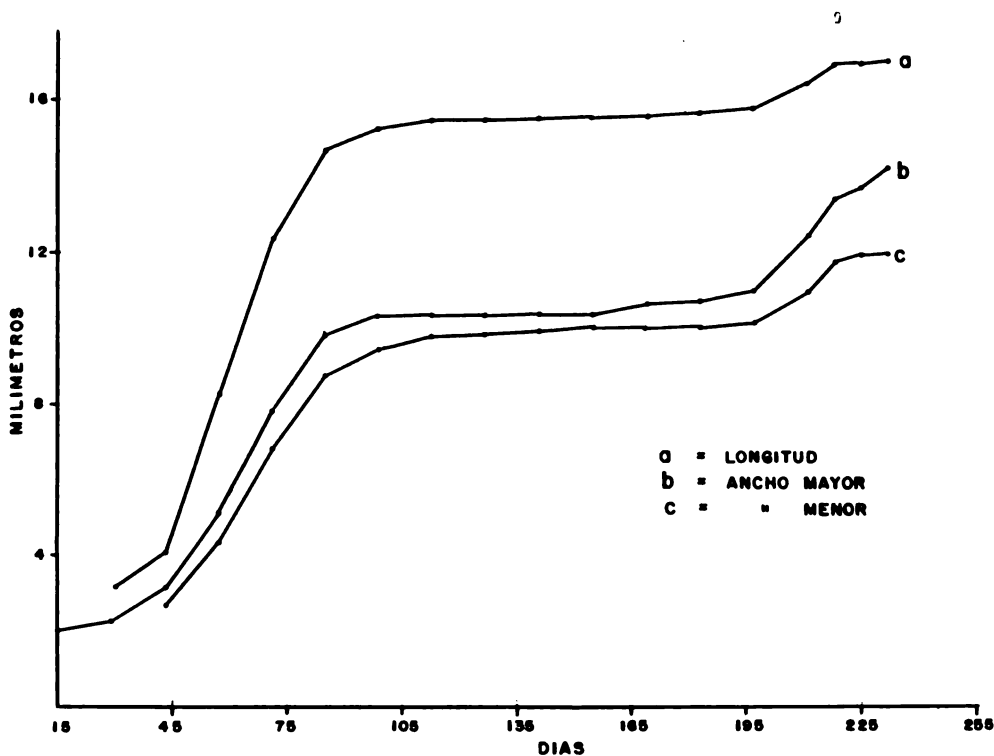


Figura 12. Curvas de crecimiento del fruto en T-539.

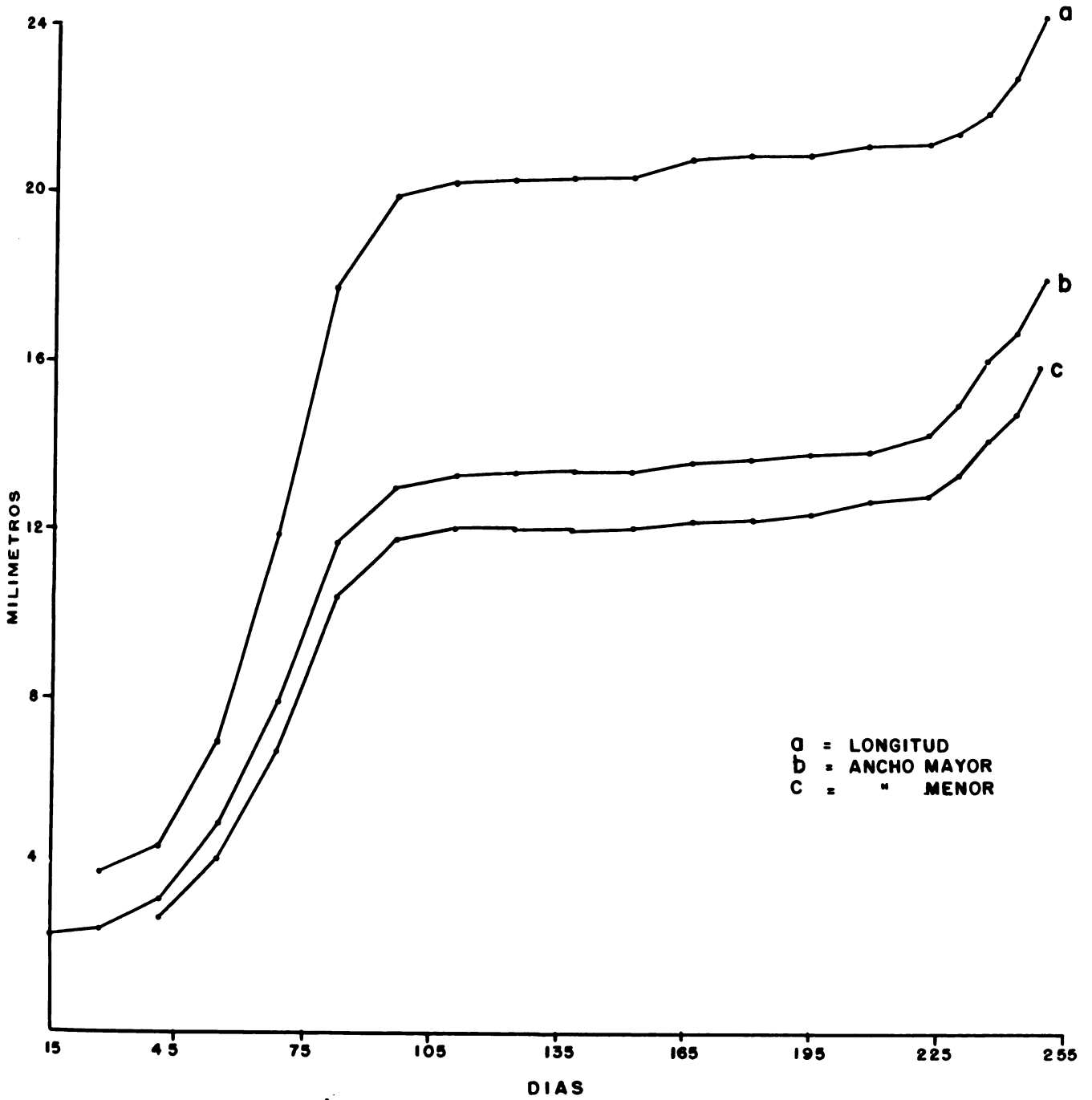


Figura 13. Curvas de crecimiento del fruto en 'Maragogipe'

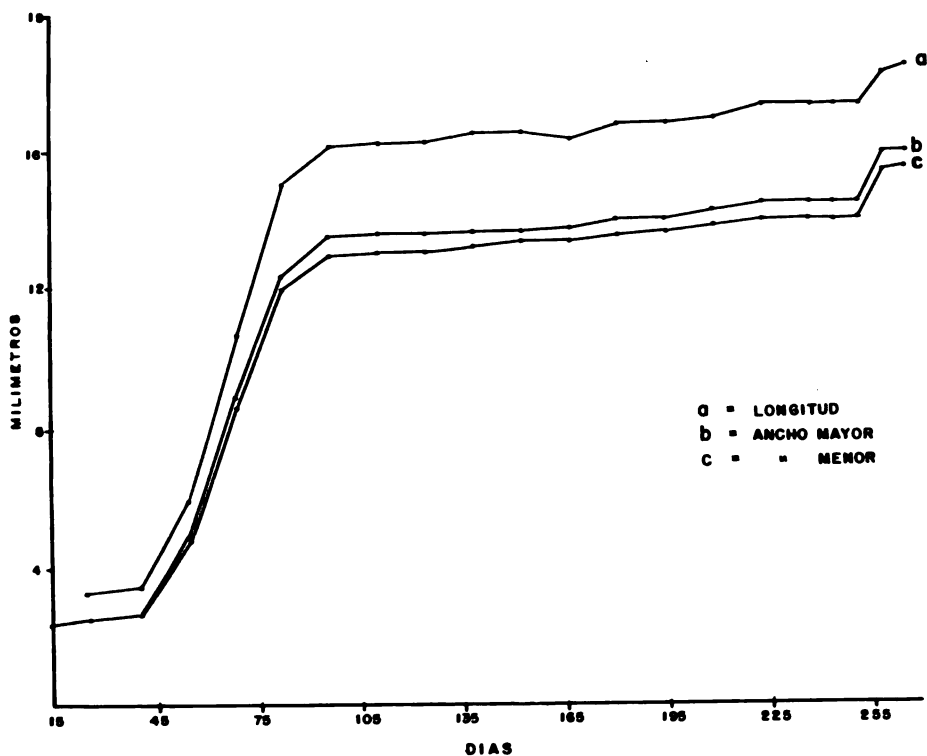


Figura 14. Curvas de crecimiento del fruto "triángulo" en 'Typica'.

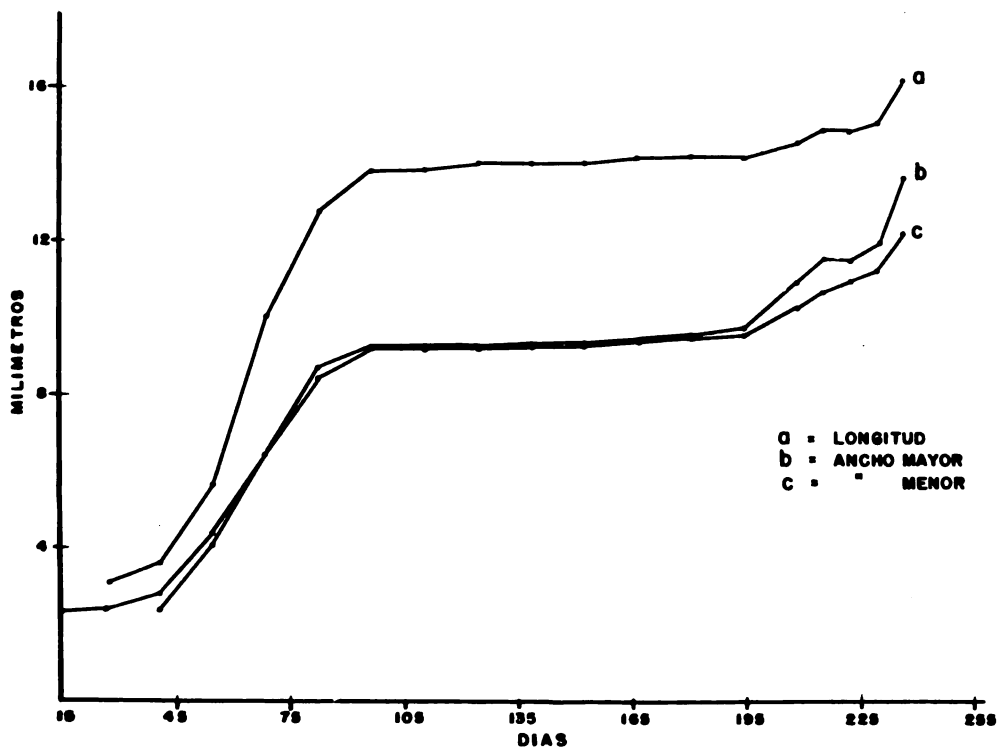


Figura 15. Curvas de crecimiento del fruto "caracolillo" en 'Typica'.

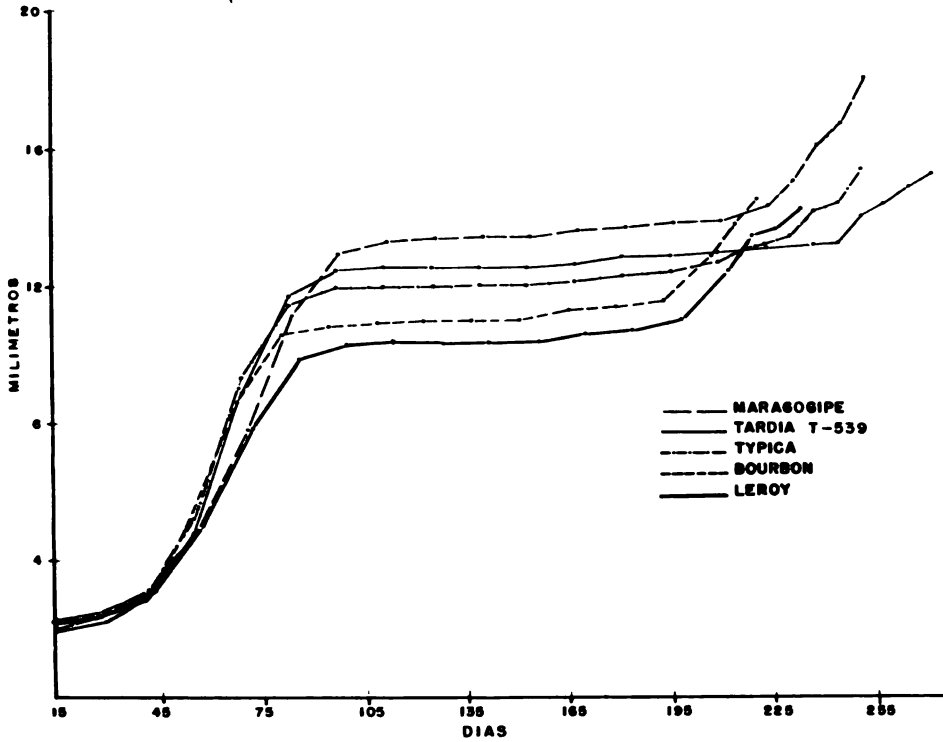


Figura 16. Curvas de crecimiento en ancho mayor del fruto en cinco cultivares de café.

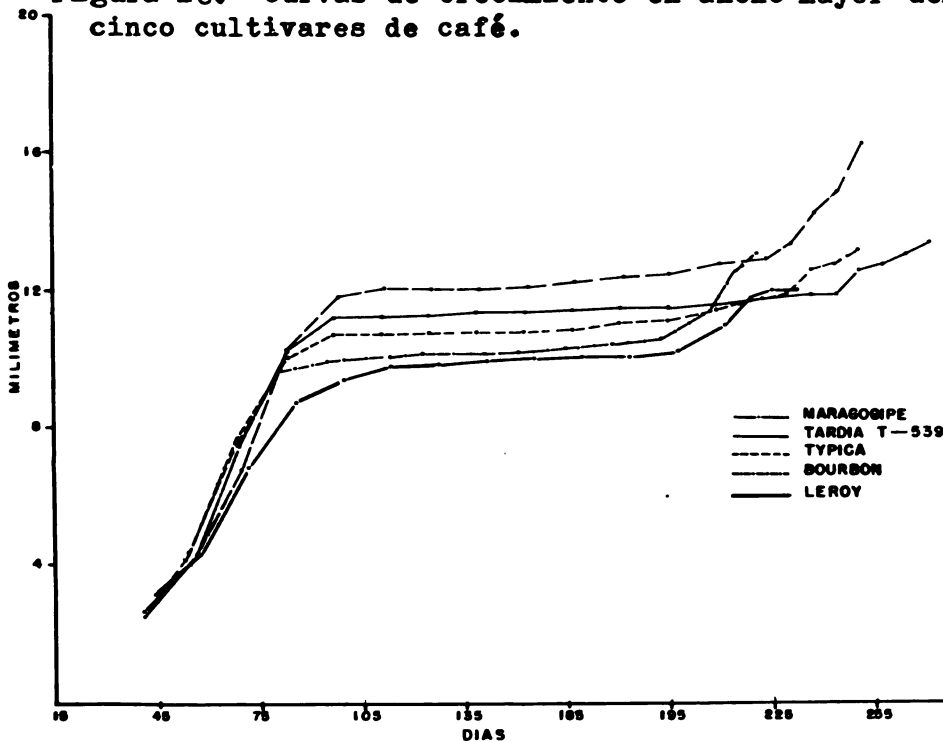


Figura 17. Curvas de crecimiento en ancho menor del fruto en cinco cultivares de café.

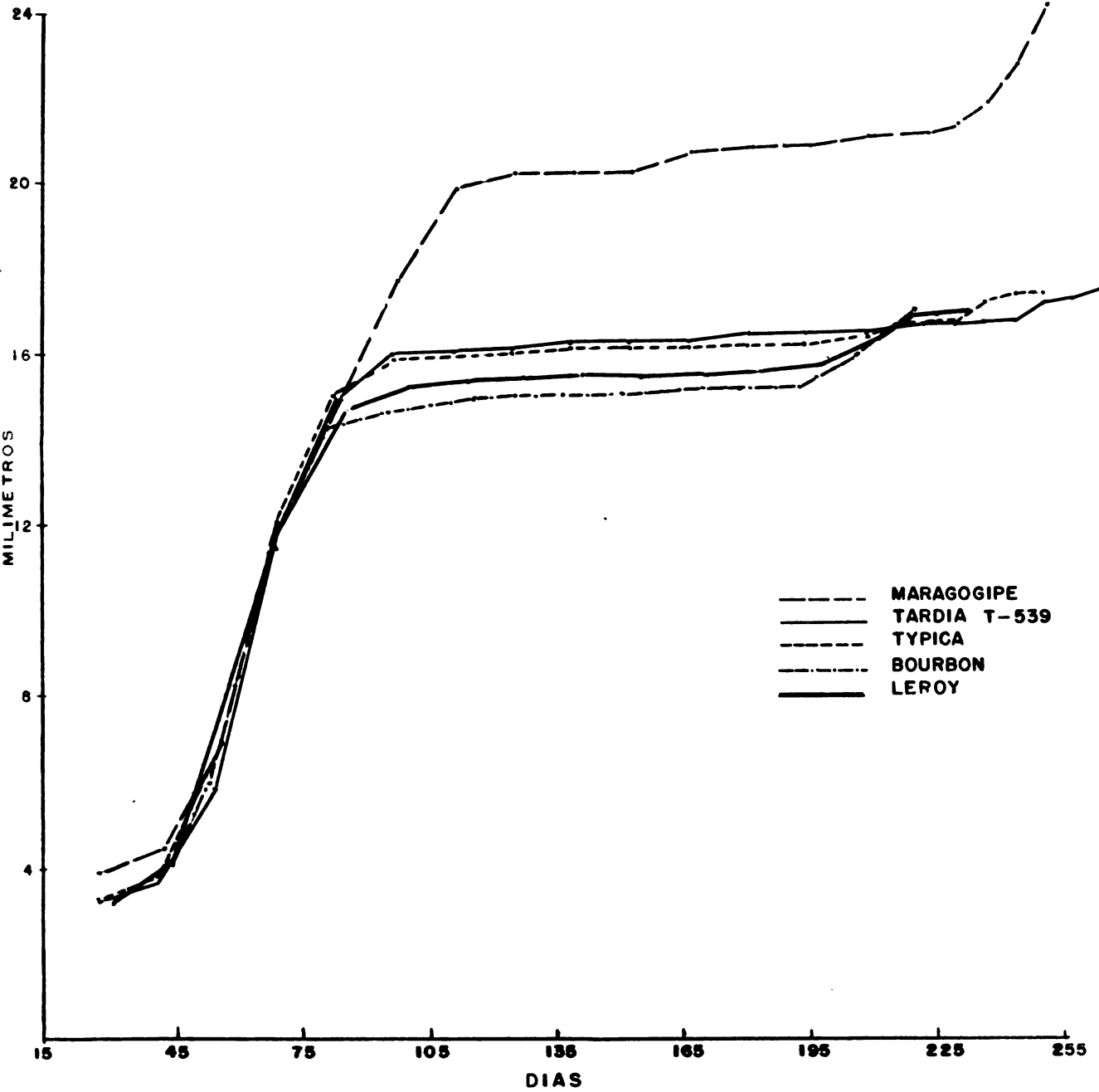


Figura 18. Curvas de crecimiento en longitud del fruto en cinco cultivares de café.

Los frutos no muestran aumentos dimensionales durante varias semanas. Corresponde esta fase al endurecimiento del endocarpo. En este período se presentan las mayores diferencias en el crecimiento entre variedades. También ocurren diferencias notables entre plantas de la misma variedad y entre frutos de la misma planta. Los datos que a continuación se presentan corresponden a la duración aproximada de este período, y se considera su finalización cuando aparecen los primeros síntomas de desarrollo del color amarillo-verdoso en el pericarpo. Los cultivares 'Typica', 'Bourbón' y 'Leroy' muestran una duración aproximada de 14 a 15 = 3.4 semanas en este período de crecimiento: 'Maragogipe' aproximadamente 18 semanas, y T-539 de 19 a 20 semanas.

El tercer período de crecimiento, como se observa en las Figs. 16, 17 y 18 es de rápido incremento dimensional en los frutos, durante un lapso relativamente corto. Su finalización ocurre una vez que los frutos alcanzan su máxima expansión y desarrollo total de color. Si se observan las Figs. 9, 10, 11, 12 y 13 se notará que el ancho mayor es en todos los casos la dimensión que inicia su incremento más rápidamente, mientras que la longitud lo hace en una forma lenta. La duración de este período, de acuerdo a la muestra considerada en el presente estudio, fué de 4 semanas para 'Bourbón', 5 para 'Leroy', 4 para 'Maragogipe', 6 para T-539, y 9 semanas para 'Typica'.

Como se puede observar en las Figs. 14 y 15 correspondientes a las curvas de crecimiento de frutos de tipo "triángulo" y "caracolillo" respectivamente. Las dimensiones en estos dos casos no

guardan la misma relación que en los frutos normales. Tanto en "caracolillo" como en "triángulo", los dos anchos son casi similares. Este hecho se observa durante el 1º y 2º períodos de crecimiento en ambos tipos de fruto; sin embargo en el último período en el "caracolillo" la diferencia entre los dos anchos se hace mucho más marcada, y no así en los "triángulos". Con respecto a longitud, los "triángulos" difieren poco de las de los frutos normales, pero en "caracolillo" la diferencia es mayor.

Con pruebas de *t* de Student realizadas con los datos del segundo y tercer período, éste último en la madurez, se obtuvieron los siguientes resultados: 'Maragogipe' supera en forma altamente significativa a los demás cultivares en ambos períodos en las tres dimensiones. T-539 es mayor que 'Leroy' en las tres dimensiones en ambos períodos; difiere en igual forma de 'Bourbón' en el segundo período y en el tercero en ancho mayor y longitud; supera a 'Typica' en los dos anchos en el segundo período y no difiere de ésta en la madurez. En todos los casos estas diferencias son altamente significativas. 'Typica' es mayor, en forma altamente significativa, que 'Bourbón' y 'Leroy' en el segundo período en las tres dimensiones; y en la madurez supera a 'Bourbón' en ancho mayor y a 'Leroy' en los dos anchos con la misma significación. 'Bourbón' supera a 'Leroy' en forma altamente significativa en el segundo período en ancho mayor y longitud y en la madurez en el ancho menor.

En 'Typica' se obtuvo una alta correlación positiva simple entre los dos anchos de .996 y entre la longitud y el ancho mayor

y menor respectivamente de .98 y .985.

En el siguiente cuadro se presentan los valores de las razones entre longitud y ancho mayor, longitud y ancho menor, y los dos anchos.

Cuadro I. Razones entre las Dimensiones de los Frutos

Períodos	<u>Ancho mayor</u> Ancho menor			<u>Longitud</u> Ancho mayor			<u>Longitud</u> Ancho menor		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
'Typica'	1.12	1.12	1.17	1.26	1.34	1.13	1.41	1.49	1.33
'Bourbón'	1.19	1.09	1.11	1.19	1.36	1.11	1.43	1.48	1.31
'Leroy'	1.18	1.04	1.19	1.29	1.49	1.19	1.53	1.56	1.42
'Maragogipe'	1.14	1.12	1.11	1.41	1.52	1.35	1.61	1.69	1.49
T-539	1.13	1.11	1.15	1.28	1.30	1.17	1.44	1.45	1.33

En la Fig. 9 se pueden observar en las curvas correspondientes al cultivar 'Typica', las "desviaciones típicas" de cada una de las observaciones de crecimiento en las tres dimensiones. Al inicio del crecimiento en el primer período, las desviaciones son relativamente pequeñas, pero en la segunda parte de este período, cuando el crecimiento se hace más activo, las desviaciones alcanzan valores elevados. Durante el segundo período se mantienen casi constantes, con pocas variaciones y con valores mucho más bajos que en las últimas etapas del primer período. Una vez iniciada la maduración de los frutos en el tercer período, las desviaciones se elevan y alcanzan los niveles más altos durante todo el proceso de desarrollo, pero al final de la etapa de madurez, la desviación vuelve a descender. Las tres dimensiones muestran más o menos una

misma modalidad; sin embargo, la longitud presenta menor variación que los dos anchos.

Resultados de peso, volumen y densidad. En la Fig. 19 se presentan los resultados obtenidos de peso, volumen y densidad de los cultivares 'Typica', 'Bourbon' y T-539. Se expresan en g. y cc. respectivamente para peso y volumen, en base a una muestra de cien frutos.

Como se puede observar en esos datos, al inicio del crecimiento de los frutos tanto el peso como el volumen aumenta rápidamente a partir de los treinta días después de la fecundación. Este fenómeno se puede observar de igual manera en los tres cultivares. Más o menos a los tres meses el incremento del peso y volumen se hace más lento, aunque siempre se nota un aumento constante. La longitud de este período es diferente en los tres cultivares estudiados; en el 'Bourbón' es mucho más corto que en 'Typica' y que en T-539. Después de este período se nota un aumento bastante marcado, tanto en peso como en volumen, al alcanzar los frutos su madurez.

La densidad presenta al inicio del crecimiento de los frutos valores menores a 1 en los tres cultivares. Pero una vez que transcurre el primer mes después de la fecundación, alcanza un nivel ligeramente superior a la unidad. Esta situación no varía notablemente, aún al llegar los frutos a la madurez.

La variedad 'Bourbón' mostró en la mayoría de los casos un peso y volumen menor que los otros dos cultivares. T-539 superó durante todo el tiempo de su crecimiento, a la variedad 'Typica'

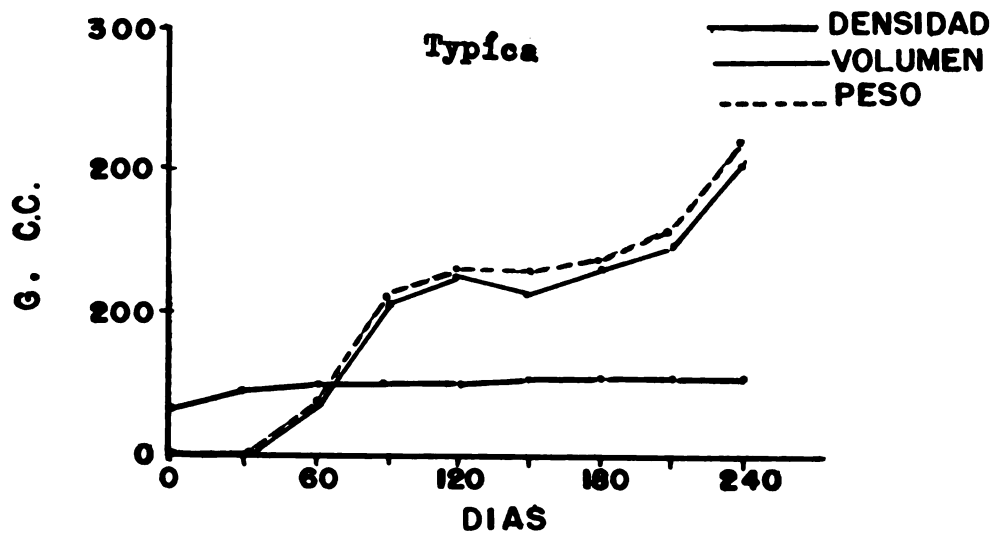
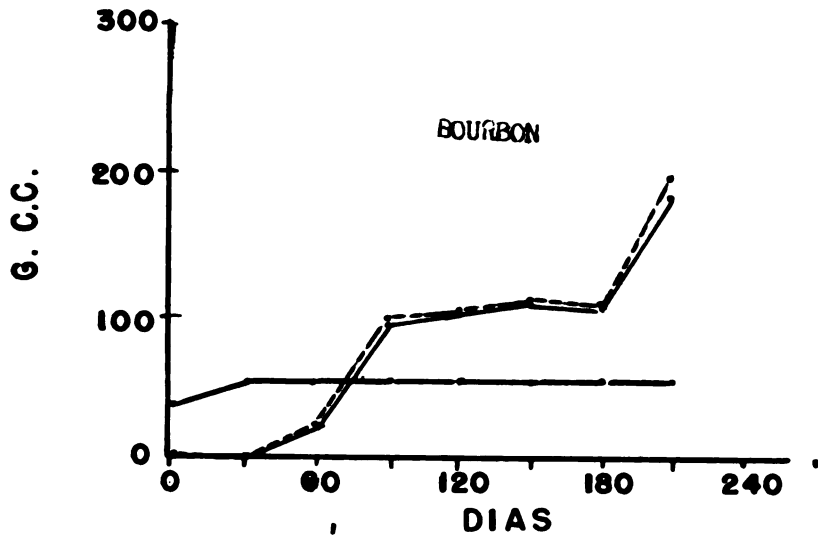
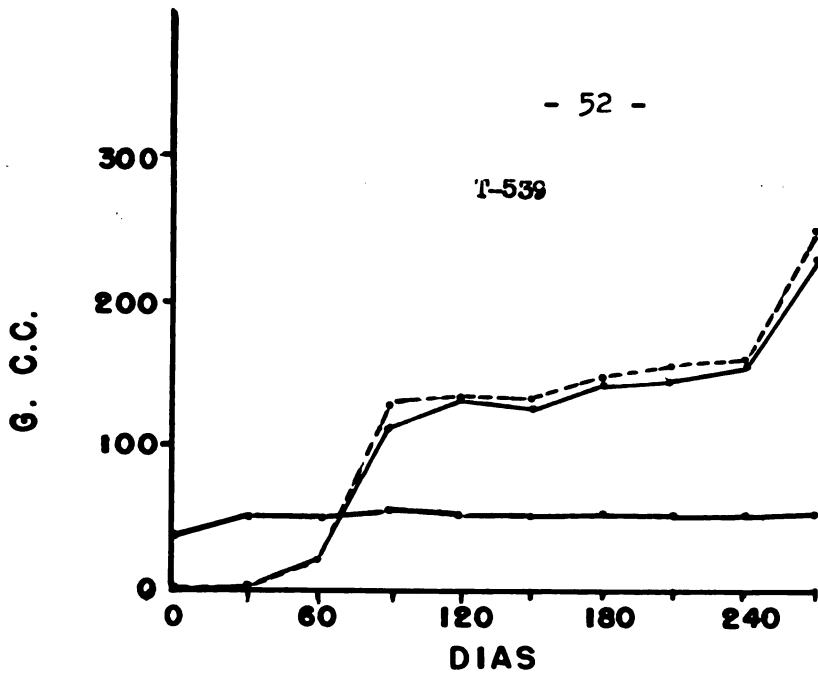


Figura 19. Curvas de peso, volumen y densidad del fruto en 'Typica', Bourbon' y T-539.

en peso y volumen.

Desarrollo de color. En la Fig. 20 se presentan las curvas de desarrollo de color en los frutos de los cinco cultivares de Coffea arabica L., considerados en el presente estudio.

Como se puede observar en la figura citada los cultivares 'Bourbon', 'Leroy', 'Maragogipe' y T-539 presentan una misma modalidad de curva de desarrollo de color, con un período de maduración que fluctúa entre 4 y 6 semanas desde la aparición de los primeros síntomas de coloración. Sin embargo, la variedad 'Typica' difiere a este respecto de los restantes cultivares puesto que su período de maduración es aproximadamente de 9 semanas.

La maduración completa de los primeros frutos ocurre a los 14 días después del inicio de color de éstos en 'Typica', 'Maragogipe' y T-359; a los 21 días en 'Leroy' y a los 10 días en 'Bourbon'.

En general se observa que 'Typica' es la más irregular de todas en cuanto a desarrollo de color y 'Bourbon' el más precoz a este respecto.

Como datos adicionales, se pudo observar que la aparición de color en los frutos, es generalmente iniciada con un tono amarillo-verdoso que cubre todo el fruto y coincide con una mayor expansión del fruto, luego se observan los primeros tintes rojizos que aparecen generalmente en el ápice. De aquí en adelante la velocidad de desarrollo del color rojo es bastante variable de un fruto a otro, aún dentro de una misma variedad y de una misma planta. Algunas veces los frutos alcanzan su máximo desarrollo dimensional, pero sin embargo el color se mantiene

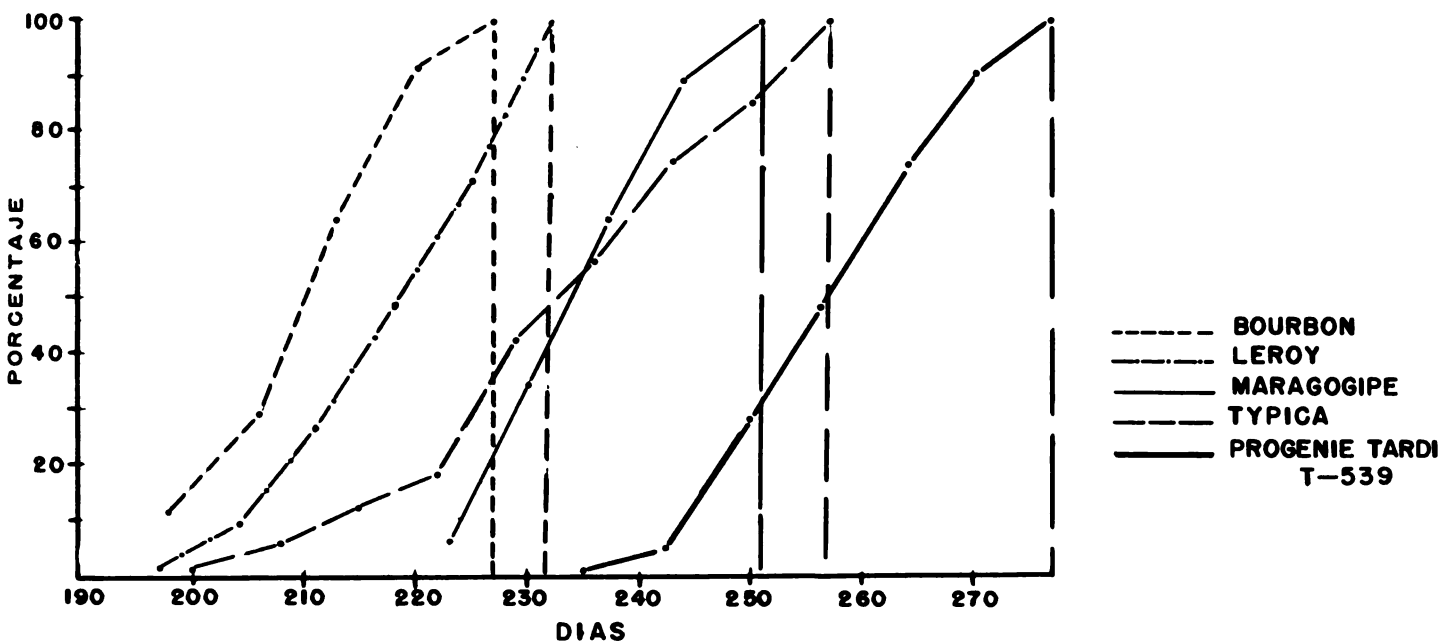


Figura 20. Curvas de desarrollo del color del fruto de cinco cultivares de café.

poco variable sin llegar a rojo carmesí. Las áreas de fruto que se encuentran con mayor exposición solar se colorean más rápidamente. Se pudo observar también que los días húmedos y nublados retardan bastante el proceso de coloración. Además esta misma condición produce formación de color en forma irregular, como pequeños puntos rojizos sobre una base amarillo-verdosa.

DISCUSION

Las observaciones sobre la vascularización del fruto de la variedad 'Typica' de Coffea arabica L. realizadas en el presente trabajo, no pretenden ser un estudio ontogénico, sino más bien un aporte que ayude a comprender mejor el crecimiento y desarrollo del fruto como una unidad morfológica. Dedecca (23) estudió en una forma somera la vascularización de la flor de la variedad arriba citada y observó la presencia de un único trazo vascular en la zona exterior del ovario, con bifurcaciones hacia los sépalos, el tubo de la corola y el estilo. Lo anotado anteriormente parece estar en contraposición con los resultados del presente estudio, ya que en éste se observaron dos trazos vasculares en lugar de uno, en la zona del pericarpo que corresponde a la antigua pared del ovario. Eames y MacDaniels (28) son de la opinión de que la vascularización de los frutos es en general similar a la que presentan los elementos florales de que se han originado. Con respecto a los trazos vasculares funiculares y medulares observados en este estudio y denominados en esa forma de acuerdo a la nomenclatura seguida por Eames y MacDaniels (28), Ragland (77), Sterling (94) y otros; el trabajo de Dedecca (23) no hace alusión alguna a pesar de que los haces funiculares constituyen la vascularización de la semilla. También se pudo observar que al desplazar el endosperma en su crecimiento a la primina, áquel queda totalmente aislado del tejido vascular. Esto pareciera sugerir un suministro de nutrientes a través de la antigua vascularización del inte-

gumento, por medio de los plasmodemas de las células del endosperma, cuya presencia fue demostrada por Ayres (6).

El crecimiento de la semilla de la variedad 'Typica' muestra en líneas generales bastante similitud con lo informado por Leliveld (58) en Coffea canephora Pierre ex Frohener, y Méndes y otros (75) en 'Bourbón' y 'Mundo Novo'. Leliveld (58) afirma que en el período inicial de desarrollo la semilla muestra un descanso aparente, cuya duración depende del inicio de las lluvias. Este factor en las condiciones de Turrialba, no parece de importancia primordial, pero puede ser que la gran actividad de divisiones celulares en el tejido del integumento en esta época, influya más en este descanso aparente del crecimiento.

El cese casi total de las divisiones celulares en el integumento coincide con el mismo fenómeno en el pericarpo y favorece en ambos tejidos un aumento rápido en tamaño, ya que de aquí en adelante el incremento es casi en su totalidad debido a la expansión celular. Las células aunque no aumentan en número, lo hacen en forma más acelerada en sus dimensiones, principalmente en sentido longitudinal. En este estudio en Coffea arabica se ha comprobado lo indicado por Leliveld (58) para C. canephora, o sea que una vez que el endosperma comienza su crecimiento más activo, las células del endocarpo inician su transformación en esclereidas con el consiguiente endurecimiento de este tejido, y la semilla se ve en esta forma limitada mecánicamente para un futuro aumento de tamaño. Este hecho se aprecia claramente en la estabilización de sus dimensiones, desde esta época hasta la madurez, como se obser-

va en la Fig. 8. En dicha figura se representa el crecimiento del embrión en longitud y ancho de los cotiledones, el cual es al inicio muy lento, pero que se acelera una vez que el endosperma inicia su crecimiento más activo. La diferenciación del embrión es muy rápida y prácticamente alcanza casi su tamaño total a los cuatro meses. Este hecho ha sido observado en otras drupas por Tukey en melocotones (96, 98, 99) y en cerezas (95, 97); por Lee y Tukey (57) en melocotones, y por Méndez y otros (75) en café 'Bourbón' y 'Mundo Novo'.

El hecho de que el tejido del endosperma se haya endurecido largo tiempo antes de que el fruto muestre síntomas de desarrollo de color, indica la necesidad de estudiar en más detalle estas últimas fases, para determinar con exactitud si la semilla ha llegado a un estado completo de desarrollo, y sus relaciones con los cambios externos de coloración del pericarpo.

Las curvas de crecimiento y desarrollo de forma doblemente sigmoidea, que presentan los cinco cultivares de café estudiados en este trabajo, son bastante similares a las que se observan en la mayoría de los frutos drupáceos (1, 11, 12, 57, 60, 62, 63, 64, 95, 97, 100). En general, en todas las drupas se observan tres períodos definidos de crecimiento, cuya causa ha sido motivo de controversia entre diferentes autores. Dorsey y MacMinn (24) sugieren que la segunda fase de crecimiento lento, puede ser motivada por la competencia que se establece entre las partes vegetativas del árbol y los frutos, y niegan mayor importancia a la semilla en desarrollo como factor de competencia con la parte carnosa

del pericarpo. Lilleland (61, 62) concuerda con Dorsey y MacMunn (24) con respecto a la no competencia de la semilla y el pericarpo, pero niega también la influencia que en la determinación del crecimiento lento en este período puedan tener las partes vegetativas de la planta. Lott (66) difiere de los autores arriba citados y considera que el desarrollo de la semilla si es un factor limitante en el crecimiento del pericarpo, ya que ésta necesita de grandes cantidades de carbohidratos durante la segunda fase de crecimiento. La rápida expansión que presentan los tejidos del pericarpo en la última fase se debe, según ese autor, a la falta de competencia. Indica también que un hecho que evidencia esta afirmación, es el efecto beneficioso de las raleas tardías. Caldwell (15) difiere un tanto de lo indicado anteriormente y afirma que la periodicidad en el crecimiento de la mayoría de los frutos se debe más bien a la diferencia en la absorción de agua por los coloides hidrófilos de los frutos jóvenes, causada por cambios en la concentración de iones hidrógeno de los fluidos contenidos en los tejidos. En general la primera fase de crecimiento rápido coincide, según este autor (15), con una alta acidez y una vez que se alcanza la máxima hidratación cuando la acidez decrece, también disminuye la rapidez del crecimiento. Crane (18) sugiere la variación en el suministro de alguna hormona o enzima, como causa de la periodicidad en el crecimiento, basado en estudios de desarrollo en higos, tanto de fertilización normal como de partenocarpia artificial.

Como se desprende de lo dicho anteriormente no hay una concordancia entre las opiniones de los autores con respecto a los

factores que determinan el crecimiento periódico en frutos. Esto indica la necesidad de estudios más detallados para dilucidar este fenómeno. En el caso del fruto de café, con la escasa información de que se dispone, ya que anteriormente a este estudio no se conocía aún su modalidad de crecimiento, es prematuro externar opiniones definitivas sobre el factor o los factores que influyen en la periodicidad de su crecimiento y este hecho deberá ser objeto de futuros estudios.

No obstante, la expansión irregular de madurez y desarrollo prematuro de color, que presentan algunos frutos de café atacados por el hongo Cercospora coffeicola, sugiere la posibilidad de que este patógeno produzca como deshecho o estímulo de su metabolismo alguna sustancia de carácter enzimático u hormonal, que induzca el prematuro inicio del tercer período de crecimiento. En algunos casos de frutos atacados por este hongo, el endosperma se encuentra aún suave sin haber alcanzado su total desarrollo cuando el fruto presenta ya áreas coloreadas. Podría suceder que el estado externo del fruto no sea siempre un reflejo verdadero del estado de desarrollo de la semilla.

Las diferencias varietales observadas mediante pruebas de *t* de Student, demuestran en forma evidente las variaciones morfológicas que presentan las variedades. El 'Maragogipe' es de tamaño superior a los otros cuatro cultivares en sus tres dimensiones. La progenie T-539, aunque en proporciones generales es muy similar a 'Typica', en algunas dimensiones supera a ésta, debido tal vez a su crecimiento más lento. Con respecto a 'Bourbón' y 'Leroy',

dicha progenie es evidentemente superior en todas sus dimensiones. La variedad 'Typica', aunque en el segundo período presenta mayores dimensiones que 'Bourbón' y 'Leroy', en la madurez difiere del primero únicamente con respecto al ancho mayor, hecho que evidencia la forma más redondeada del 'Bourbón'. Las diferencias entre 'Bourbón' y 'Leroy', en la etapa de madurez con respecto al ancho menor, coinciden con la forma elíptica del fruto de este último cultivar en corte transversal. Es posible que las diferencias que se observan al comparar los datos del segundo y tercer período con respecto a las dimensiones, se deban más que todo al desarrollo del mucílago y en menor parte a la expansión celular.

Las razones entre la longitud y los dos anchos, muestran en todos los casos sus valores más altos en el segundo período de crecimiento. Sin embargo, este hecho es más bien el resultado de lo que sucedió en la primera fase de crecimiento rápido, ya que el segundo período no presenta mayor incremento dimensional. Esto se debe a un mayor crecimiento en sentido longitudinal, con respecto a la situación inicial, pues se observa un mayor incremento en el crecimiento longitudinal, lo que se infiere de comparar las razones del crecimiento dimensional en el primero y segundo período. Las causas que motivan este crecimiento desigual podrían ser una mayor frecuencia de divisiones celulares en sentido anticlinal que periclinal, y además un aumento desigual de las dimensiones celulares en el sentido de la longitud del fruto. Este cambio de forma de las células se puede observar en la Fig. 4 b en que las células se ven más alargadas comparadas con la Fig. 4 a. La mayor

frecuencia de divisiones celulares en un sentido ha sido estudiada por Sinnott (88) en Cucurbitas y este autor lo ha llamado "polarización de crecimiento". Las razones entre la longitud y los dos anchos vuelven a descender en la madurez, debido a que el desarrollo de mucílago es más marcado en el sentido del ancho mayor y al mismo tiempo las células del pericarpo toman forma más redondeada. El hecho de que las correlaciones entre las tres dimensiones de la variedad 'Typica' durante el crecimiento sean altas, sugiere la posibilidad de utilizarlas en futuros trabajos de desarrollo, como un método que permita economía de tiempo.

La desviación típica varía a través del crecimiento de esa variedad con valores bastante altos después de las cuatro primeras semanas, lo que evidencia diferencias en la velocidad de crecimiento de los diferentes frutos. Pero en la segunda fase, los frutos de crecimiento retardado llegan a alcanzar a los de crecimiento más rápido, lo que se traduce en una disminución de las desviaciones. Durante este período, debido al lento incremento dimensional de los frutos, las desviaciones se mantienen bastante constantes. En la tercera etapa de crecimiento se observa de nuevo el aumento de la desviación típica, debido a la irregularidad en el proceso de maduración de los frutos. Una vez que éstos alcanzan su madurez, la desviación vuelve a disminuir en magnitud.

Las curvas de incremento en peso y volumen y los valores de densidad calculadas en base a estos datos en 'Typica', 'Bourbón' y T-539, muestran gran similitud a lo informado por Lilleland (60) en albaricoques. La densidad se mantiene durante todo el desarro-

llo a un valor cercano a 1. Al inicio es menor que ésta, pero luego aumenta a un valor mayor que la unidad y se mantiene constante hasta la madurez total. Tanto el peso como el volumen aumentan en forma bastante similar al crecimiento. La periodicidad de las dimensiones guarda también relación con el peso y el volumen. El hecho de que el desarrollo de color en la variedad 'Typica' sea muy lento, comparado con los otros cultivares, no obstante que la maduración total de los primeros frutos guarda bastante similitud en todos los casos, sugiere la competencia por algún factor. Existe la posibilidad de que el suministro irregular de alguna sustancia de carácter hormonal cause esta variación en la maduración de 'Typica'; ya que en manzanos Billerbeck y otros (10), Southwick (92) y Southweeck y otros (93) han encontrado que algunas sustancias de carácter hormonal, principalmente el ácido 2-4-5 trichlorofenoxiacético, favorecen la formación de color.

La modalidad de floración de 'Typica', comparada con 'Bourbón' es generalmente de un menor número de floraciones con respecto al volumen total de la cosecha. El 'Bourbón', aunque de alta producción, es muy irregular en sus floraciones, lo que da un menor número de frutos en cada una de ellas. Esto podría permitir a la planta una distribución más regular en el momento de la madurez, de las sustancias que determinan este proceso. Por otro lado, 'Maraogipe' y 'Leroy', de producción más baja, no parecen presentar el problema de 'Typica'. La progenie T-539, debido a su período mucho más largo de desarrollo no sufre posiblemente por este tipo de competencia. Un hecho que sirve como una evidencia a esta suposición es lo afirmado por Evans y Marsh (29), de que la ralea de frutos en manzanas favorece el buen desarrollo de color.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. El fruto de Coffea arabica L. en la variedad 'Typica' muestra los siguientes trazos vasculares: a) haces del hipantio y el caliz; b) haces dorsales; c) haces funiculares y d) haces medulares.
2. El crecimiento tanto del pericarpo como de la semilla se debe al inicio del desarrollo del fruto, a divisiones celulares y a expansión celular pero en el último período predomina la expansión celular. El tejido que se desarrolla en la semilla durante los tres primeros meses de crecimiento es el integumento, pero luego éste es sustituido por el endosperma. Este hecho coincide con el endurecimiento del endoscarpo y un rápido desarrollo del embrión.
3. Las curvas de crecimiento de los frutos en cinco cultivares estudiados ('Typica, Bourbon, Leroy, Maragogipe y T-539) presentan una forma sigmoidea doble con tres períodos definidos de crecimiento. Lo mismo se observa en los frutos 'triángulo' y 'caracolillo'.
Durante el segundo y tercer período es cuando se aprecian las mayores diferencias tanto entre las dimensiones de los frutos de los cultivares, como en la duración de estos períodos. Las diferencias entre las dimensiones evidencian las características morfológicas de los frutos en los cultivares.

4. El desarrollo completo de la semilla no guarda siempre relación con la coloración externa del fruto.
 5. Los valores elevados de las razones entre la longitud y los dos anchos en el segundo período de crecimiento, son el resultado de un mayor alargamiento de los frutos en sentido de la longitud que a lo ancho. Esto se debe a una mayor frecuencia de divisiones celulares en sentido anticlinal y a una irregular expansión de las células.
 6. En 'Typica' la correlación entre el crecimiento de los dos anchos es de .996; entre la longitud y ancho mayor de .98 y entre longitud y ancho o menor de .985. Las tres son correlaciones simples y positivas.
 7. Las desviaciones típicas (standard deviation) en las dimensiones de la variedad 'Typica', son elevadas en la última parte del primer período de crecimiento; en el segundo período descienden y se mantienen más o menos constantes; vuelven a ascender al inicio de color y descienden a la madurez total de los frutos.
 8. Las curvas de incremento en peso y volumen en 'Typica', 'Bourbon' y T-539, muestran similitud con el crecimiento dimensional y su periodicidad.
- La densidad al inicio del crecimiento es menor de uno, pero alcanza luego un valor superior, que mantiene en forma más o menos constante hasta la madurez de los frutos.

9. El desarrollo de color en Bourbón, Leroy, Maragogipe y T-539, muestra más o menos una misma modalida de curva, con cuatro a seis semanas desde la aparición de los primeros síntomas de color a la madurez. Typica difiere, de los últimos cultivares ya que su período de madurez es muy irregular y tarda nueve semanas. Esto sugiere la posibilidad de un suministro irregular de alguna sustancia, tal vez de carácter hormonal como causa de la diferente maduración en Typica.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

1. The fruit of Coffea arabica var. Typica shows the following vascular traces: a) bundles of the hypanthium and calyx; b) dorsal traces; c) funicular traces and medular traces.
2. Growth of the pericarp and seed in due in the first period to cell division and expansion, predominating cell expansion in the last stages of development. During the first three months of the development the tissue that forms the seed corresponds to the integuments. Later on this tissue is substituted by the endosperm. This coincides with the hardening of the endocarp and a quick development of the embryo.
3. The growth curves of normal fruits of the five cultivars studied (Typica, Bourbon, Leroy, Maragogipe and T-359) showed a double sigmoid shape with three well defined periods of growth. The same was true for triangular and round beans. During the second and third periods great variability is observed among the fruit dimensions of the different cultivars, as well as in the duration of the periods. The differences in the dimensions give evidence of morphological features of the fruits of the cultivars.
4. Full development of the seed is not necessarily correlated with the external colorations of the fruit.

5. The high ratio values between longitude and the two widths, particularly during the second growth period, indicate the greater increase in length of the fruits. This may be due to a higher frequency of anticlinal cell divisions and to an irregular expansion of the cells.
6. The correlation values for the Typica cultivar were: .996 for the two widths; .98 for the length vrs. the larger width; and .985 for the length vrs. the smaller width.
7. The standard deviation for the dimensions of the Typica variety was high for the last part of the first growth period. It decreased during the second growth period, increasing at the coloring time, and again decreasing at the time of full ripeness.
8. The increment curves for weight and volumen for the fruits of Bourbon, Typica and T-539 were similar to the growth curves in their periodicity. At the beginning of growth, density is less than one. Later on it increases beyond one and maintains this density until full maturity.
9. The curves for color development are similar for Bourbon, Leroy, Maragogipe and T-359, lasting four to six weeks, starting from the time of first appearance of color until maturity. Typica shows an irregular maturity period of nine weeks. This is probably due to

the irregular supply of some hormonal substance
responsible for the fruit coloring.

LITERATURA CITADA

1. ADDAMS, R.M., NIGHTINGALE, G.T. & BLAKE, M.A. Development ripening of peaches as correlated with physical characteristics, chemical composition and histological structure of the fruit flesh. II. Histology and microchemistry. New Jersey Agricultural Experimental Station. Bulletin Nº 507. 1930 pp. 13-19.
2. ALLEN, F.W. Influence of sugar, nitrogen, fertilizer and ringing Gravstein apple tree upon color and maturity of the fruit. American Society for Horticultural Science. Proceedings 32:52-55. 1934.
3. ANTUNES, F. y CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro. VII Ocorrencia de lojas vacías em frutos de café Mundo Novo. Bragantia (Brasil) 13(14):165-179. 1954.
4. ARTHUR, J.M. Red pigment production in apples by means of artificial light source. Boyce Thompson Institute. Contributions. 4(1):1-18. 1932.
5. _____ Radiation and anthocyanin pigments. In: Duggar, B. M. Biological effects of radiation cd. vol II. New York, Mc Graw-Hill Co. 1936. pp. 1109-1118.
6. AYRES, M. de G.C. A ocorrencia de plasmodesmas no endosperma do Coffea arabica L. var. Typica Cramer. Bragantia (Brasil) 13(23):281-286. 1954.
7. BACCHI, O. Observacoes citologicas em Coffea. VII. Macrospirogeneses na variedade Monosperma. Bragantia (Brasil) 4(6):483-490. 1941.
8. BAIN, J.M. Morphological anatomy and physiological changes in the developing fruit of the Valencia orange, Citrus sinensis (L) Osbeck. Australian Journal of Botany 6(1):1-24. 1958.
9. _____ & ROBERTSON, R.N. The physiology of growth of apple fruit. I. Cell size, cell number and fruit development. Australian Journal of Science Research. (Serie B. Biological Science). 4(2):75-91. 1950.
10. BILLERBECK, F.W., DESROSIER, N.W. & TUKEY, R.B. The influence of 2,4,5 Trichlorophenoxypropionic acid on the color of red-fruited apples varieties. American Society for Horticultural Science. Proceedings 61:175-179. 1953.

11. BLAKE, M.A. Growth of the fruit of the Elberta peach from blossom bud to maturity. American Society for Horticultural Science. Proceedings. 22:29-39. 1925.
12. _____ Length of the fruit development period of the Elberta and some other varieties of peaches. New Jersey Agricultural Experimental Station. Bulletin No 511. 1930. pp. 3-24.
13. BOYNTON, D. & WILDE, M.H. Development of black raspberry fruit. I. Seasonal increase in gross, volume, dimensions and dry weight. American Society for Horticultural Science. Proceedings 73:158-163. 1959.
14. BROOKS, R.M. A growth study of the almond fruit. American Society for Horticultural Science. Proceedings 37:193-197. 1939.
15. CALDWELL, J.S. Hydrion concentration changes in relation to growth and ripening in fruits. United States Department of Agriculture. Technical Bulletin No 403. 1934. 54 p.
16. CASTILLO, J.Z. Observaciones sobre el tamaño de grano y granos anormales en variedades de café. Cenicafé (Colombia) 10(9):397-418. 1959.
17. COSTE R. Les caféiers et les cafés dans le monde. Paris, Larose. 1959. 372 p.
18. CRANE, J.C. Fruit growth of four fig varieties as measured by diameter and fresh weight. American Society for Horticultural Science. Proceedings 52:237-244. 1948.
19. CHEESMAN, E.E. Fertilization and embryology in Theobroma cacao L. Annals of Botany 41(161):107-126. 1927.
20. CHENEY, R.H. Coffee. A monograph of the economic species of the genus Coffea L. New York, University Press. 1925. 244 p.
21. CHEVALIER, A. Les caféiers du globe. Fascicule III. Systematique des caféiers et faux-caféiers, maladies et insectes nuisibles. Paris, Paul Lechevalier, 1947. 356 p. (Encyclopedie biologique No 28).
22. DAYTON, D.F. Red color distribution in apple skin. American Society for Horticultural Science. Proceedings 74:27-81. 1959.

23. DEDECCA, D.M. Anatomía e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. Typica Cramer. *Bragantia* (Brasil) 16(23):315-366. 1957.
24. DORSEY, M.J. & McMUNN, R.L. The development of the peach seed in relation to thinning. *American Society for Horticultural Science. Proceedings* 23:402-414. 1926.
25. DUNCAN, I.J. & DUSTMAN, R.B. The anthocyanin pigment of Wine-sap apple. *American Chemical Society, Journal* 58:1511-1514. 1936.
26. DUSTMAN, R.B. & DUNCAN, I.J. Red color in apple. *Science* 90: 233. 1939.
27. _____ & DUNCAN, I.J. Effect of certain thiocyanate sprays on foliage and fruit in apples. *Plant Physiology* 15(2): 343-348. 1940
28. EAMES, A.J. & Mac DANIELS, L.H. An introduction to plant anatomy. 2nd ed. New York, McGraw Hill Co., 1947. 427 p.
29. EVANS, H.C. & MARSH, R.S. Apple color its development and sales appeal. *West Virginia Agricultural Experimental Station, Bulletin* Nº 396. 1957. 17 p.
30. FABER, F.C. VON. Morphologisch-physiologische untersuchungen an blüthen von *Coffea*-arten. *Jardin Botanique de Buitenzorg. Annales.* 25:59-160. 1912.
31. FAGERLIND, F. Embryologische, zytologische und bestäubungs-experimentelle studien in der familie Rubiaceae nebst bemerkungen über einige polyploiditätsproblem. *Acta Horti Bergiani* 11(9):195-470. 1937.
32. _____ Perisperm oder Endosperm bei *Coffea*? *Svensk Botanisk Tidskrift* 33:303-309. 1939.
33. FERNANDEZ, C.E. Información sobre trabajos de investigación en Chocolá, Guatemala. *Café* 1(3):55-58. 1959.
34. FERWERDA, F.P. Gegevens over den ontiwikkelingsdur der vrucht bij verschillende. *Bergcultures* 11(7):198-203. 1937.
35. FLETCHER, L.A. A preliminary study of the factors affecting the red color on apples. *American Society for Horticultural Science. Proceedings* 26:191-196. 1929.
36. FORD, E.S. Anatomy and histology of the Eureka lemon. *Botanical Gazette* 104(2):288-305. 1942.

37. FREIRE, C.V. Contribucao ao estado histológico dos cafeeiros do Brasil. Departamento Nacional do Café (Brasil). Revista 2(19):15-16. 1935.
38. GILMARTIN, A.J. Post fertilization seed and ovary development in Passiflora edulis Sims. Tropical Agriculture (Trinidad) 35(1):41-58. 1958.
39. GRANER, E.A. Embriogeneses de Coffea. I. Desenvolvimento do ovulo em Coffea arabica L. En: Primeira Reuniao Sul Americana de Botânica, Rio de Janeiro, Brasil. Anais 3:193-201. 1939.
40. GUSTAFFSON, F.G. Growth studies on fruits. An explanation of the shape of growth curve. Plant Physiology 2(2): 153-161. 1927.
41. HAARER, A.E. Modern coffee production. London, Leonard Hill Ltd. 1956. 467 p.
42. HANAUSEK, T.F. Ueber Symmetrische und polyembryonische samen von Coffea arabica L. Deutschen Botanischen Geselleschafts. Berichte 1895:73-78. 1895.
43. HARTMAN, H.T. The growth of the olive fruit. American Society for Horticultural Science. Proceedings 54:86-94. 1949.
44. HAVIS, A.L. A developmental analysis of strawberry fruit. American Journal of Botany 30(4):311-314. 1943.
45. HILLE RIS-LAMBERS, M. Polyembryonie en polyespermie bij koffie. Archief voor de Koffiecultuur 4(1):32-43. 1930.
46. HILL, R.G. Fruit development of the red raspberry and its relations to nitrogen treatments. Ohio Agricultural Experimental Station. Bulletin N^o 803. 1958. pp. 1-35.
47. HOUK, W.G. The ovule and seed of Coffea arabica L. Science. 83(2159):464-465. 1936.
48. _____ Endosperm and perisperm of coffee with notes on the morphology of the ovule and seed development. American Journal of Botany 25(1):56-61. 1938.
49. JONES, W.W. A study of the developmental changes in composition of the Macadamia. Plant Physiology 14:755-768. 1939.
50. JOSHI, A.C. A note on the morphology of the ovule of Rubiaceae with special reference to Cinchona and Coffea. Current Science. 7(5):236-237. 1938.
51. KING, J.R. Morphological development of the fruit of olive. Hilgardia 11(8):437-458. 1938

52. KOORDERS, S.H. Botanisch-systematische opmerking over voorkomen en beteekenis van drie en meerzadige koffievruchten. Cultuurgids. 3:356-367. 1901-1902.
53. KRUG, C.A. & MENDES, J.E.T. A chamada polyembrionia en Coffea. Sao Paulo, Instituto Agronomico de Campinas, Boletim Technico N^o 17. 1935. 9 p.
54. _____ & CARVALHO, A. Genetical proof for the existence of Coffea endosperm. Nature 144(3646):515. 1939.
55. _____ & CARVALHO, A. Genetica de Coffea. III. Hereditariedade da cor amarela dos frutos. Sao Paulo, Instituto Agronomico de Campinas. Boletim Technico N^o 82. 1940. pp. 1-16.
56. _____ & CARVALHO, A. Independencia dos factores xc xc (Xanthocarpa) e Br. Br. (Bonze) em Coffea arabica L. Bragantia (Brasil) 2(6):221-230. 1942
57. LEE, F. A. & TUKEY, H.B. Chemical changes accompanying growth and development of seed and fruit of the Elberta peach. Botanical Gazette 104(2):348-355. 1942.
58. LELIVELD, J.A. Vruchtzetting bij koffie. Archief voor de Koffiecultuur 12(3):127-164. 1938.
59. LEONARD, R.H. & DUSTMAN, R.B. Sugar in relation to color and thiocyanate sprays in apples. Plant Physiology 18(3):488-497. 1943.
60. LILLELAND, O. Growth study of the apricot fruit. American Society for Horticultural Science. Proceedings 27:237-245. 1930.
61. _____ Growth study of the peach fruit. American Society for Horticultural Science. Proceedings 29:8-12. 1932.
62. _____ Growth study of plum fruit. I. The composition of the climax plum. American Society for Horticultural Science. Proceedings 30:203-208. 1933.
63. _____ Growth study of apricot fruit. II. The effect of temperature. American Society for Horticultural Science. Proceedings 33:269-279. 1935.
64. _____ & BROWN, J.G. Growth study of the apricot fruit. III. The effect of girdling. American Society for Horticultural Science. Proceedings 34:264-271. 1936.
65. LONG, E.M. Development analysis of the fruit of Deglet Noor date. Botanical Gazette 104(3):426-436. 1943.

66. LOTT, R.M. The growth rate and chemical composition of the Hiley peach from stone formation to flesh maturity. American Society for Horticultural Science. Proceedings 29:1-7. 1932.
67. MAGNESS, J.R. Observations in color development in apples. American Society for Horticultural Science. Proceedings 25:289-292. 1928.
68. _____ BATJER, L.P. & ReGEIMBAL, L.O. Correlation of fruit color in apples to nitrogen content of leaves. American Society for Horticultural Science. Proceedings 37:39-42. 1939.
69. MARCHAND, L. Recherches organographiques et organogenetiques sur le Coffea arabica L. Paris, J.B. Bailliere et fils. 1864. 47 p.
70. MAYNE, W. Laboratory studies on fruit development. Annual report of the Coffee Scientific Officer. 1936-1937. The Mysore Coffee Experiment Station. Bulletin Nº 16. 1937. 6 p.
71. MENDES, A.J.T. Observacoes citológicas em Coffea. VI. Desenvolvimento de embriao e do endosperma em Coffea arabica L. Bragantia (Brasil). 2(4):115-128. 1942.
72. _____ Observacoes citológicas em Coffea. VIII. Poliembrionia. Bragantia (Brasil) 4(12):693-708. 1944.
73. _____ Sementes de cafe poliembrionicas e desprovidas de embriao. Superintendencia dos Servicos do Café (Sao Paulo, Brasil). Boletim 19(208):618-620. 1944.
74. _____ Partenogeneses, partenocarpia e casos anormalis de fertilizacao em Coffea. Bragantia (Brasil) 6(6):265-273. 1946.
75. _____, MEDINA, D.M. & MENDES, C.H.T. Citologia do desenvolvimento dos frutos sem sementes no café Mundo Novo. Bragantia (Brasil) 13(22):257-279. 1954.
76. OVERHOLSER, E.L. Color development and maturity of a few fruits as affected by light exclusion. American Society for Horticultural Science. Proceedings 14:73-74. 1917.
77. RAGLAND, C.H. Development of the peach fruit with special reference to split-pit and gumining. American Society for Horticultural Science. Proceedings 31:1-21. 1934.

78. REGER, M.W. Thiocyanate induced chlorosis predisposes development of anthocyanin by exposing apple skin tissue to more blue-violet light. *American Society for Horticultural Science. Proceedings* 45:111-112. 1944.
79. ROELOFSEN, P.A. Onderzoekingen over beïnvloeding en behoud van de kwaliteit van Robusta-marktkoffie. *Archeif voor de Koffiecultuur* 13(3):151-181. 1939.
80. SCHRADER, A.L. & MARTH, P.C. Light intensity as a factor in the development of apple color and size. *American Society for Horticultural Science. Proceedings* 28:552-555. 1931.
81. SCHROEDER, C.A. Growth and development of the Fuerte avocado fruit. *American Society for Horticultural Science. Proceedings* 61:103-109. 1953.
82. _____ Observations on the growth of cacao fruit (Doc. 9. *Botánica. Vol. II*). In: *Seventh Interamerican Cacao Conference, Palmira, Colombia, 1958.* 9 p.
83. SCHWEITZER, J. Over variabiliteit en erfelijkheid van de grootte der koffienboon. *Bergecultures* 10:654-661. 1936.
84. SIEGELMAN, H.W. & HENDRICKS, S.B. Photocontrol of anthocyanin synthesis in apple skin. *Plant Physiology* 33(3):185-190. 1958.
85. _____ & HENDRICKS, S.B. Photocontrol of alcohol aldehyde and anthocyanin production in apple skin. *Plant Physiology* 33(6):409-413. 1958.
86. SIMMONDS, N.W. The development of the banana fruit. *Journal of Experimental Botany* 4(10):87-105. 1953.
87. SINNOTT, E.W. A developmental analysis of the relations between cells size and fruit size in cucurbits. *American Journal of Botany* 26(4):179-189. 1939.
88. _____ Cell polarity and the development of form in cucurbits fruits. *American Journal of Botany* 31(7):388-391. 1944.
89. _____ & HOSKINS, A. A developmental analysis of the fruit in tetraploids as compared with diploid races of cucurbits. *American Journal of Botany* 30(2):87-94. 1943.
90. SMITH, W.H. The histological structure of the flesh of the apple in relations to growth and senescence. *Journal of Pomology and Horticultural Science* 18(3):249-260. 1940

91. SMITH, W.H. Cell multiplication and cell enlargement in the development of the flesh of the apple fruit. *Annals of Botany (N.S.)* 14:23-38. 1950.
92. SOUTHWICK, F.W. Influence of nitrogen level on the rate of ripening and color development of apple sprayed with regulating substances. *American Society for Horticultural Science. Proceedings* 63:225-233. 1954.
93. _____ & DEMORANVILLE, I.E. & ANDERSON, J.E. The influence of some growth regulating substance on pre-harvest drop, color and maturity of apple. *American Society for Horticultural Science. Proceedings* 61:155-162. 1953.
94. STERLING, G. Developmental anatomy of the fruit of *Prunus domesticus* L. *Torrey Botany Club. Bulletin* 80(6):457-577. 1953.
95. TUKEY, H.B. Embryo abortion in early ripening varieties of *Prunus avium*. *Botanical Gazette* 44(3):433-468. 1933.
96. _____ Growth of the peach embryo in relation to growth of fruit an season of ripening. *American Society for Horticultural Science. Proceedings* 30:209-218. 1933.
97. _____ Growth of the embryo, seed and pericarp of the sour cherry (*Prunus cerasus*), in relation to season of fruit ripening. *American Society for Horticultural Science. Proceedings* 31:125-144. 1934.
98. _____ Development of cherry and peach fruits as affected by destruction of the embryo. *Botanical Gazette* 98(1):1-24. 1936.
99. _____ Growth and development of embryo and fruit of the peach as affected by ringing and defoliation of the branches. *Botanical Gazette* 101(4):818-838. 1940.
100. _____ & YOUNG, J.O. Histological study of the developing fruit of sour cherry. *Botanical Gazette* 100(4):723-749. 1939.
101. _____ & YOUNG, J.O. Gros morphology and histology of developing fruit of apple. *Botanical Gazette* 104(1):3-25. 1942.
102. UOTA, M Temperature studies on the development of anthocyanin in McIntosh apples. *American Society for Horticultural Science. Proceedings* 59:231-237. 1951.

103. VENKATARAYAN, S.V. The orientation of the seeds in species of Coffea arabica L. in Mysore. Indian Journal of Agricultural Science 18(5):289-290. 1947.
104. WEEKS, W.D. & OTROS. The effect of rates and sources of nitrogen, phosphorus and potassium on the mineral composition of McIntosh foliage and fruit, color. American Society for Horticultural Science. Proceedings 60:11-21.
105. _____ & OTROS. Effect of varying rates of nitrogen and potassium on the mineral composition of McIntosh foliage and fruit color. American Society for Horticultural Science. Proceedings 71:111-119. 1958.
106. WHITE, D.G. Promotion of red color of apples. II. Effects of preharvest sprays of certain chemicals in multiple combination. American Society for Horticultural Science. Proceedings 61:180-184. 1953.
107. _____ & RICE, M.L. Promotion of red color of apple. I. Apparent synergism with preharvest sprays of certain chemicals in paired combinations. American Society for Horticultural Science. Proceedings 59:238-242. 1952.