

CRECIMIENTO DEL FRUTO DE CAFE *Coffea arabica* L. var Colombia

Melba Ruth Salazar-Gutiérrez*; Bernardo Chaves-Cordoba**; Néstor M. Riaño-Herrera***
Jaime Arcila-Pulgarín****; Alvaro Jaramillo-Robledo*****

RESUMEN

SALAZAR G., M.R.; CHAVES C., B.; RIAÑO H., N.M.; ARCILA P., J. JARAMILLO R., A.
Crecimiento del fruto de *Coffea arabica* var. Colombia. Cenicafé (Colombia) 45(2) : 41-50 1994.

Con el fin de caracterizar su crecimiento en peso fresco y peso seco, se hizo un seguimiento al fruto de *Coffea arabica* L. var. Colombia. A los datos obtenidos se les ajustó un modelo logístico de crecimiento que generó una curva de tipo sigmoideal la cual permite identificar tres períodos distintos de crecimiento; una etapa logarítmica desde la floración hasta los 60 días, luego una exponencial hasta los 180 días y finalmente una de estabilización, hasta llegar a la madurez completa a los 240 días. Los máximos pesos observados fueron de 1,66 g y 0,56 g respectivamente para el peso fresco y el peso seco. Las tasas de crecimiento relativo fueron iguales para ambas variables. También se determinó el porcentaje de humedad (en base húmeda) a través del crecimiento del fruto. Durante los primeros estados se aprecia un incremento del contenido de humedad, desde 69,7% a los 15 días (semana 2) hasta un máximo de 84,25% a los 120 días (semana 16). A partir de este momento y hasta los 195 días (semana 26) la humedad comienza a disminuir. En este punto (195 días) comienza el cambio de color y el fruto tiene un contenido de humedad del 68,2%, el cual permanece constante durante las cuatro semanas siguientes que dura la maduración. Para el comportamiento del peso seco en relación con las variables climáticas brillo solar, evaporación y grados día se ajustó una curva logística según la cual para que el fruto alcance la madurez necesita aproximadamente 2836 unidades térmicas, 1221 horas de brillo solar y 1052 mm de evaporación, acumulados.

Palabras claves: Botánica, café, desarrollo del fruto, peso fresco, peso seco, floración, maduración, broca.

ABSTRACT

Changes in the fresh and dry weight of *Coffea arabica* L. var Colombia fruits were measured at fortnightly intervals from flowering through to ripening. The data were described well by the logistic growth function. Three characteristic phases of fruit development can be distinguished. Initially, there is a slow phase from flowering until day 60, followed by an exponential type of growth until day 180 and ending in a slow phase which extends until 240 days. The maximum fresh and dry weights were 1.66 g fruit⁻¹ and 0.56 g.fruit⁻¹ respectively. Relative growth rates were similar for both variables. Fruit moisture content on a wet basis, through fruit development was also observed. During early stages of growth, moisture content increased from 69.7% on week 2 up to 84.25% on day 120. After this point and until day 195, moisture content decreased to 68.2%. At this stage the fruit starts ripening, changing color from green to yellow or red. Moisture content does not change during ripening. Fresh weight and dry weight were also related to thermal time accumulated during development of fruit through the logistic function. An accumulation of 2836 degree days, 1221 hours of sunshine and 1052 mm of evaporation were necessary for fruit to complete development.

Keywords: Coffee, fruit development, fresh weight, dry weight, flowering, maturity, coffee berry borer.

-
- * Licenciada en Biología. Universidad del Cauca. Fisiología Vegetal. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.
 - ** Investigador Científico II. Biometría. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.
 - *** Asistente de Investigación. Fisiología Vegetal. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.
 - **** Investigador Principal I. Fisiología Vegetal. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.
 - ***** Investigador Científico II. Agroclimatología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.

En varios países se han realizado estudios que describen el crecimiento y desarrollo del fruto de café. En ellos se estiman los diferentes períodos en que se divide el crecimiento, que a su vez dependen del genotipo y del ambiente en que se desarrolló el trabajo. El número de períodos de crecimiento registrados es muy variable y comprende desde 1 hasta 5. La mayoría de los investigadores coinciden en que inicialmente se presenta un período de crecimiento lento aproximadamente de 6 a 8 semanas de duración, seguido por un período de expansión rápida que se extiende hasta la semana décimo séptima (1, 8, 14, 16, 17). Después de este punto existen discrepancias entre los diferentes trabajos.

Algunos autores registran un período corto de crecimiento lento de aproximadamente dos semanas de duración (10,11), mientras que para otros (5,8,14) este período dura entre 8 a 10 semanas y en él ocurre el endurecimiento del endocarpio y formación del endosperma. A partir de este momento coinciden los diferentes trabajos en registrar el comienzo de la maduración aunque con una duración variable (1, 4, 10, 14, 16, 17).

Este comportamiento es influenciado además de los factores anotados, por el tipo de variable utilizada para describir el crecimiento como el largo, ancho y grosor del fruto (5, 8, 12, 14, 16, 17), volumen (8), peso fresco y peso seco (1, 2, 3, 8, 11, 17) y por la frecuencia de las mediciones que abarcan desde intervalos semanales (5,16) hasta mensuales (15).

En algunos trabajos se ha separado además el crecimiento del pericarpio y del grano, los cuales presentan las mismas tendencias que para el fruto entero (12, 17). Igualmente se han observado diferencias en los períodos de crecimiento entre especies y variedades (3, 10, 17). También existe diversidad de registros en cuanto al tipo de curva para describir el crecimiento

del fruto en términos del peso seco señalándose comportamientos sigmoidales (3), doble sigmoidales (17) o lineales (2, 3), sin obedecer, en la mayoría de los casos, a un ajuste estadístico. Se ha intentado igualmente relacionar el crecimiento con diferentes variables climáticas (6, 14, 16).

En Colombia se han realizado pocos estudios sobre el crecimiento del fruto del café. En plantas de variedad caturra a libre exposición solar, se determinó la evolución semanal del diámetro del fruto y se sugirió una curva de crecimiento con tendencia a doble sigmoide (5). Suárez (16), en variedad caturra de tres años determinó mediante mediciones semanales de diámetro del fruto que su crecimiento se presenta en 4 períodos así: una primera etapa de crecimiento lento con una duración promedio de 5,2 semanas; una segunda etapa de crecimiento acelerado y duración promedio de 10,8 semanas, seguida por un crecimiento lento que dura en promedio 11,2 semanas y termina con la maduración que dura en promedio 3,8 semanas.

Jaramillo y Guzmán (5) estudiaron la relación entre la temperatura y el crecimiento en caturra, para diferentes ensayos en distintas localidades y épocas. Relacionaron el crecimiento en diámetro del fruto de dos floraciones, con el número de unidades térmicas acumuladas durante su desarrollo. Desde floración hasta maduración se acumularon 2.560 y 2.445 unidades térmicas respectivamente. En Colombia no se ha evaluado el crecimiento del fruto en términos de acumulación de materia seca.

El propósito del trabajo consistió en determinar la dinámica de crecimiento del fruto de café *Coffea arabica* L. var. Colombia, desde el punto de vista de cambios en peso fresco y seco y su relación con variables climáticas como el tiempo térmico, evaporación y brillo solar.

$$H = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100$$

Características de la localidad. El estudio se realizó en la Estación Central Naranjal de Cenicafé Ubicada en la Vertiente Occidental de la Cordillera Central, Departamento de Caldas, Municipio de Chinchiná, Latitud 04° 58' Norte, Longitud 75° 42' oeste, y altitud de 1.400 m.

Las características climáticas, promedio anual, son las siguientes : Precipitación 2612 mm, temperatura media 20.7°C, temperatura máxima 26.8°C, temperatura mínima 16,3°C, humedad relativa 78%, brillo solar 1.820 horas, suelos: Typic Distrandepts de origen volcánico y epipedom úmbrico (5).

Muestreo de frutos. Se utilizaron plantas de *Coffea arabica* L. var. Colombia, de 21 meses de edad, sembradas a una distancia de 1,6 m en cuadro para una densidad de 3906 plantas por hectárea. Con la floración del 5 de febrero de 1992, se dio inicio al experimento. 80 árboles fueron seleccionados aleatoriamente, en cada uno de ellos se marcaron las ramas correspondientes a los nudos 6 y 7 a partir de la base del tallo, por ser las ramas que mayor floración presentaban en el momento del registro. Cada 15 días se recolectaron los frutos presentes en las 4 ramas previamente marcadas de 5 árboles de los 80 escogidos. Estos se llevaron al laboratorio en una cámara húmeda.

Determinación de pesos. De la población de frutos obtenida se tomaron 100 al azar y a cada uno de ellos se le determinó el peso fresco, posteriormente se colocaron individualmente en bolsa de papel y se secaron a 80 °C en estufa con flujo de aire, hasta obtener peso constante. Las mediciones se realizaron con balanza analítica de 0,0001 de precisión.

Determinación de humedad. Esta se calculó en base húmeda y se utilizó la siguiente fórmula (13)

Donde,

H = Porcentaje de humedad

Pi = Peso inicial

Pf = Peso final

Modelación del crecimiento del fruto. El crecimiento del peso fresco y el peso seco del fruto sigue una curva de tipo sigmoideal. Existen diferentes modelos matemáticos que permiten describir el comportamiento sigmoideal. Se ajustaron las ecuaciones correspondientes a los modelos de Gompertz, Von Bertalanfy, logística y logística generalizada (9), de estos la logística, fue la que mejor explicó el fenómeno ya que presentó el menor cuadrado medio del error.

Este modelo tiene la siguiente expresión:

$$Y_t = \frac{a}{1 + be^{-ct}} + e_t$$

t = 1,2,3.....240, días

y_t = El promedio del peso fresco o seco en el tiempo t.

a = El máximo valor o asíntota del peso de acuerdo al modelo ajustado.

b = Parámetro de posición o desplazamiento de la curva

c = Tasa relativa de crecimiento.

e_t = Error aleatorio en el tiempo t.

Relación con el clima. Para el estudio de la incidencia en el crecimiento del fruto de variables climáticas como la temperatura media del aire, el brillo solar y la evaporación se tomaron datos de una estación climática ubicada a 100 m del lote experimental. Para este análisis se ajustó una ecuación logística para describir la relación del peso seco con tiempo térmico (grados-día acumulados), evaporación y brillo solar.

Los valores de brillo solar se midieron con un heliógrafo Campbell - Stokes y la evaporación con tanque de evaporación clase A.

La temperatura media del aire se midió con psicrómetros localizados a 2 m de altura. Se calculó el tiempo térmico (TT), tomando como temperatura base 10°C. Los 10°C se consideran como una temperatura base inferior donde se inhibe el crecimiento del fruto, Jaramillo y Guzmán (6). La fórmula es la siguiente :

$$TT = \sum_{i=1}^n (T_i - T_b)$$

donde:

- TT = Tiempo térmico
 T_i = Temperatura media diaria en el tiempo i.
 T_b = Temperatura base (mínimo de temperatura donde no crece la planta; 10°C para café)
 (T_i - T_b) = Unidad Térmica (UT).

RESULTADOS Y DISCUSION

Variación del contenido de humedad. En la Figura 1, se presentan las variaciones del contenido de humedad del fruto durante su desarrollo. Durante los primeros estados se aprecia un incremento considerable del contenido de humedad desde 69,7%, en la semana 2 (15 días) hasta 84,25%, en la semana 16 (120 días), cuando alcanza su máximo. Este comportamiento lo explica el proceso de división celular y la expansión de células del fruto que tienen la capacidad de almacenar agua (13). A partir de este momento y hasta la semana 26 (195 días) la humedad comienza a disminuir debido a que en el endosperma ocurre un incremento rápido de la acumulación de reservas, por lo que el agua acumulada en las células es desplazada por solutos que aumentan la materia seca, hasta que

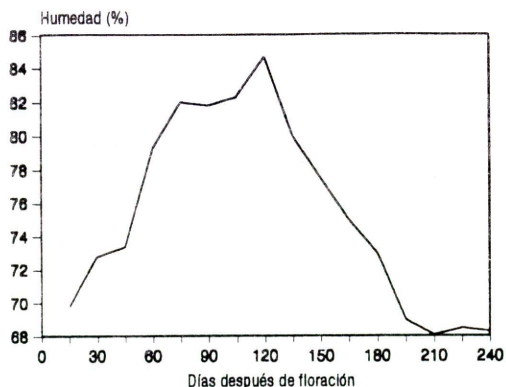


Figura 1. Variación del contenido de humedad (base húmeda) del fruto durante su desarrollo. Estación Central Naranjal, 1992.

se logra por completo la consistencia sólida. En este punto, semana 26 (195 días), comienza el cambio de color y el fruto presenta un contenido de humedad del 68,2%, el cual permanece constante durante las cuatro semanas siguientes que dura la maduración.

Etapas de crecimiento y desarrollo del fruto.

En la Figura 2 se muestran los cambios morfológicos durante el desarrollo de los frutos de *Coffea arabica* L. Para el desarrollo del fruto, desde la floración y hasta la maduración transcurren, en promedio, 240 días bajo las condiciones del medio ambiente de la Estación Central de Naranjal (Tabla 1).

Estas 32 semanas del desarrollo del fruto pueden dividirse en tres etapas según el incremento en peso fresco y los cambios en su apariencia externa e interna, Figura 2.

Etapas 1. Este período va desde la floración hasta la octava semana (60 días) y se caracteriza por un crecimiento lento de los frutos, los cuales en su apariencia externa son de color verde y se asemejan a la cabeza de un fósforo. En su interior los frutos son de consistencia gelatinosa y todavía no hay formación del endosperma (semilla) y predomina el tejido tegumentoso.

TABLA 1. Peso fresco y peso seco de frutos de café *C. arabica* L. var. Colombia.

Semana	Peso Fresco (\bar{X}) (g)	C.V. %	Peso Seco (\bar{X}) (g)	C.V. %
2	0,0094	23,52	0,0028	22,17
4	0,0243	24,89	0,0066	19,81
6	0,0327	32,69	0,0087	24,55
8	0,0700	27,18	0,0152	23,15
10	0,1008	42,91	0,0183	33,72
12	0,1235	28,27	0,0224	26,01
14	0,1723	19,48	0,0305	14,82
16	0,3198	25,01	0,0494	27,02
18	0,7597	22,01	0,1454	24,67
20	0,9311	16,33	0,2099	23,77
22	1,0853	10,66	0,2689	20,92
24	1,2054	7,06	0,3278	14,96
26	1,3153	6,18	0,4083	15,70
28	1,5017	6,59	0,4791	9,66
30	1,6323	11,83	0,5149	13,21
32	1,6697	11,53	0,5308	14,16

C.V = Coeficiente de variación.

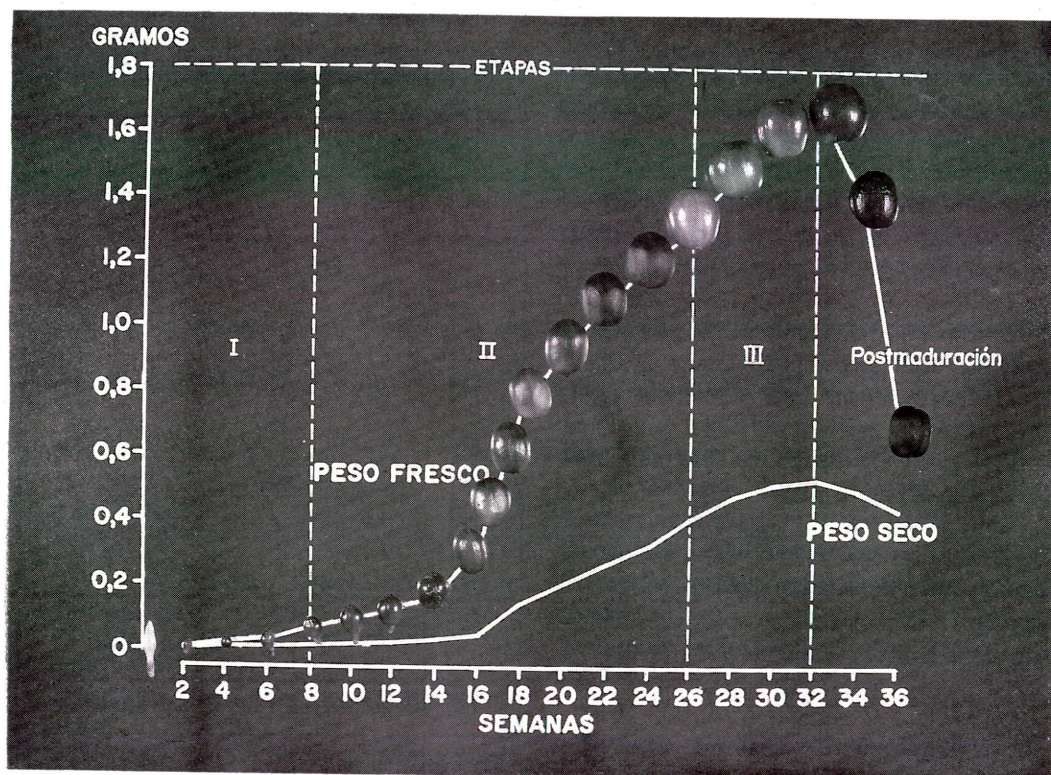


Figura 2. Etapas en el desarrollo del fruto de café *Coffea arabica* var. Colombia. Estación Central Naranjal, Chinchiná, 1992.

Etapas 2. Comprende desde la novena hasta la vigésima sexta semana (los 75 hasta los 195 días). Se caracteriza por un crecimiento rápido de los frutos tanto en dimensiones como en peso fresco. En su interior, el contenido es muy acuoso (85% de agua) hasta la semana 17 (120 - 135 días aproximadamente). A partir de este momento empieza a perder el agua y ocurre el endurecimiento del endosperma o formación de la semilla propiamente dicha (8, 13, 17).

Etapas 3. Desde la vigésima séptima hasta la trigésima segunda semana (los 135 días hasta los 240 días). Durante esta fase el fruto cambia de color verde a rojo amarillo y adquiere su madurez fisiológica, hasta quedar listo para la cosecha. En este momento el fruto ha completado su desarrollo tanto del pericarpio como del endosperma y el embrión. Después de la maduración (postmaduración) si no se cosechan los frutos oportunamente, estos se secan en la planta o caen. Ocurre una pérdida en peso debido a respiración, sobremaduración y la presencia de microorganismos que consumen los tejidos del fruto.

Estos resultados coinciden con lo encontrado por Wormer (17) en Kenya, quien describió el desarrollo del fruto con base en tres etapas y difiere de lo encontrado por Fournier y Fournier (8) y Oyebade (10), según los cuales el crecimiento del fruto presenta de cuatro a cinco etapas respectivamente. Estas diferencias en el comportamiento del desarrollo del fruto son debidas a las condiciones climáticas particulares de cada región.

Modelación del crecimiento del fruto. En la Figura 3 se presenta el comportamiento del peso fresco (pf) y peso seco (ps) y las ecuaciones ajustadas fueron las siguientes:

$$PF(g) = \frac{1,6694}{1 + 285,94 e^{-0,0379t}}$$

$$PS(g) = \frac{0,5684}{1 + 601,48 e^{-0,0379t}}$$

En la Tabla 2, se presentan las estimaciones de la tasa de crecimiento relativo (c), la asíntota (a) y los parámetros de desplazamiento (b), para las dos variables.

Las tasas de crecimiento relativo fueron iguales para ambas variables y alcanzaron valores promedio de 0,037 gd⁻¹. Aunque los pesos crecieron relativamente a una misma velocidad, no alcanzaron el mismo punto máximo o asíntota (a). Para cada variable las asíntotas estimadas no presentaron diferencias con los valores máximos observados; para el peso fresco el valor fue 1,66 g y para el peso seco 0,56 g.

En la Figura 4, se aprecian las tasas brutas de crecimiento. Su comportamiento es de tipo cuadrático, lo que indica que inicialmente la velocidad de crecimiento es baja, luego se incre-

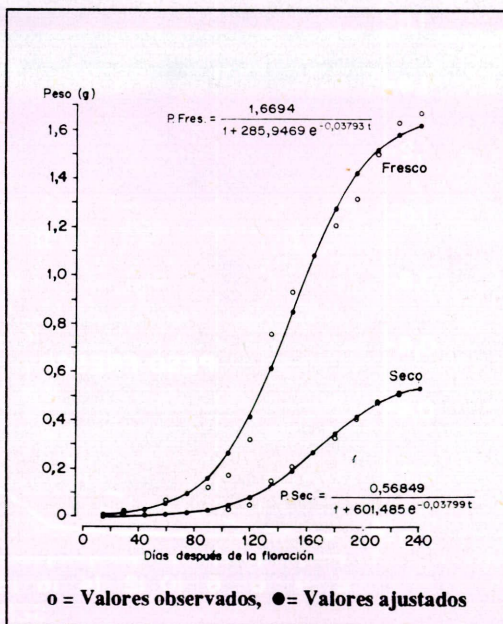


Figura 3. Curva logística del crecimiento del fruto de café *Coffea arabica* L. var. Colombia. Estación Central Naranjal, 1992.

TABLA 2. Parámetros estimados de ajuste de la ecuación logística para el peso fresco y peso seco del fruto de café *Coffea arabica* L. Naranjal 1992.

Variable	Parámetro		Intervalo 95%		Error Estándar
		Estimado	Límite superior	Límite inferior	
Peso Fresco	a	1,669	1,525	1,813	0,066
	b	285,946	-31,702	603,596	147,035
	c	0,037	0,029	0,046	0,003
Peso Seco	a	0,568	0,528	0,608	0,018
	b	601,485	128,307	1074,662	219,026
	c	0,037	0,032	0,043	0,002

a = Máximo valor ó asíntota; b = Parámetro de desplazamiento; c = Tasa de crecimiento relativo

menta hasta llegar a un máximo y finalmente decrece. Esta curva es simétrica, por lo que para diferentes tiempos se puede encontrar idéntico valor de la tasa. El punto de inflexión de la curva en la logística se encuentra cuando la tasa bruta toma el valor máximo; para el peso fresco se encontró a los 149 días y para el seco a los 169 días.

El máximo valor de la tasa para el peso fresco fue de 0,016 g día⁻¹ y 0,005 g día⁻¹ para el peso seco. En la Figura 4, se presenta además el

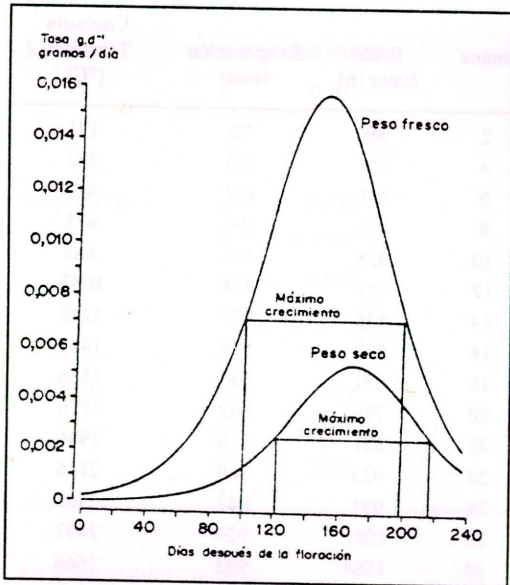


Figura 4. Tasa bruta de crecimiento de fruto de café *Coffea arabica* L. var. Colombia. Estación Central Naranjal, 1992.

período en el cual ocurre el mayor incremento en peso para ambas variables. Para el peso fresco este período ocurre entre los 105-195 días y para el peso seco entre los 135-225 días aproximadamente.

Relación peso fresco : peso seco. Este tipo de relaciones para café es importante pues permite calcular con buena precisión y confiabilidad el peso seco en función del fresco. En la Figura 5. se presenta la relación observada entre el peso seco (Ps) y peso fresco (Pf). El 96,3% de la variación del peso seco puede ser explicado estadísticamente por el peso fresco de acuerdo a un modelo cuadrático. Los coeficientes de regresión fueron estadísticamente diferentes de cero y poco variables (error estándar = 0,03867).

El 4,7% no explicado se debe al error experimental el cual lo conforman factores o variables no tenidos en cuenta en la regresión. Esta relación entre el peso fresco y el peso seco es denominada por algunos autores (7) como concentración de materia seca, variable de gran utilidad porque permite simplificar costos en estudios de análisis de crecimiento.

Este ajuste es válido para las condiciones de la localidad estudiada. Una validación en otras condiciones ambientales permitiría generalizar la expresión.

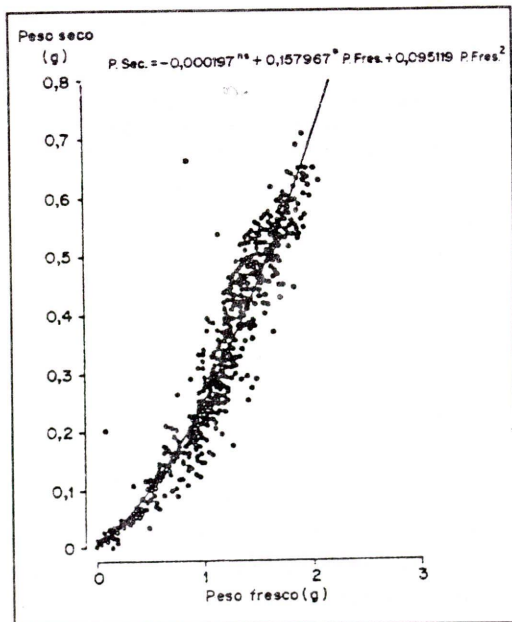


Figura 5. Relación entre el peso seco y el peso fresco del fruto de *Coffea arabica* L. var. Colombia. Estación Central Naranjal, 1992.

Peso seco del fruto y su relación con los elementos climáticos. El clima es un componente de importancia para el crecimiento y desarrollo de las plantas, pues aporta energía y establece limitaciones que inducen cambios fenológicos. El fruto de café, está afectado por los cambios climáticos, de tal forma que estos determinan sus diferentes estados de crecimiento. Para zonas frías el tiempo que transcurre entre la floración y la maduración de los frutos es mayor, contrario a lo que ocurre en clima cálido donde este período es más corto (6).

La relación del peso seco del fruto, en las diferentes etapas de su desarrollo con las variables climáticas, permite expresar su crecimiento en términos de la oferta de energía y humedad ambiental. Esta energía se puede expresar de diferentes formas como brillo solar, grados día o evaporación.

En la Tabla 3 se muestran los valores acumulados del brillo solar, la evaporación y los

grados día durante el período del estudio. Se observa que durante los 240 días que transcurrieron desde la floración hasta la maduración del fruto se acumularon 2836 grados día, 1221 horas de brillo solar y 1052 mm de evaporación. Jaramillo y Guzmán (6), encontraron que hasta la maduración del fruto se acumularon 2500 unidades térmicas.

La Figura 6, muestra que el comportamiento del peso seco, con relación a las variables climáticas acumuladas es de tipo sigmoidal.

En la Tabla 4 se muestran las estimaciones de las asíntotas (a), los parámetros de desplazamiento (b), las tasas de crecimiento relativo (c), el intervalo de confianza y el error estándar para cada una de las variables evaluadas. Se observa que los valores de estos parámetros para el brillo solar y la evaporación fueron similares. En función de grados día la tasa relativa de

TABLA 3. Valores acumulados de las variables de clima durante el ensayo. Estación Central Naranjal, 1992.

Semana	Brillo Solar (h)	Evaporación (mm)	Unidades Térmicas (°C)
2	80	70	171
4	156	136	282
6	251	207	477
8	348	290	675
10	428	364	863
12	481	424	1052
14	536	477	1229
16	592	534	1413
18	671	596	1586
20	759	662	1776
22	831	719	1946
24	923	789	2136
26	991	847	2307
28	1081	920	2497
30	1164	992	2668
32	1221	1052	2836

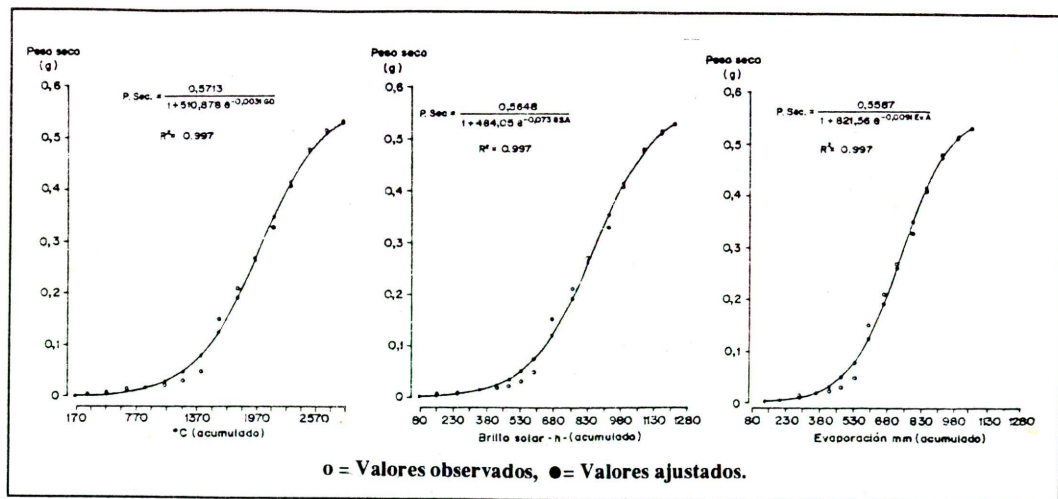


Figura 6. Relación entre el peso seco del fruto de *Coffea arabica* L. var. Colombia y las variables de clima acumuladas, grados día, brillo solar y evaporación. Estación Central Naranjal, 1992.

TABLA 4. Parámetros estimados para la relación del peso seco con elementos climáticos.

Variable	Parámetro Estimado	Intervalo 95%		Error Estándar	
		Límite inferior	Límite superior		
Brillo Solar	a	0,564	0,519	0,609	0,020
	b	484,050	64,847	903,250	194,040
	c	0,007	0,006	0,008	0,0005
Evaporación	a	0,558	0,520	0,596	0,017
	b	484,050	64,847	903,250	194,040
	c	0,009	0,007	0,010	0,0006
Grado día	a	0,571	0,527	0,615	0,020
	b	510,870	96,582	925,170	191,770
	c	0,003	0,002	0,003	0,0002

a = Máximo valor o asíntota;

b = Parámetro de desplazamiento;

c = Tasa de crecimiento relativo.

acumulación de materia seca (0,003) fue menor, con relación a la observada para el brillo solar y la evaporación.

La expresión del crecimiento en peso seco del fruto en función del tiempo térmico es de mayor utilidad que su expresión en función del tiempo cronológico pues refleja más estrechamente la duración del crecimiento, la cual está directamente relacionada con la temperatura. Además, permite predecir el comportamiento en determinadas condiciones del medio ambiente para una mejor programación de labores en el cultivo.

Los diferentes aspectos del crecimiento y desarrollo del fruto descritos muestran el comportamiento de acuerdo a las condiciones de la localidad y la época en que se desarrolló el trabajo. Por tanto, se necesitan estudios de validación en otras localidades y condiciones para establecer el rango de variación.

LITERATURA CITADA

1. CANNELL, M.G.R. Changes in the respiration and growth rates of developing fruits of *Coffea arabica* L. *Journal Horticultural Science* (Inglaterra) 46:263-272. 1971.
2. CLOWES M. ST. J. A study of the growth of *Coffea arabica* L. fruits in Rhodesia. *Rhodesian Journal of Agricultural Research* (Zambia) 15(1):89-93. 1977.
3. DANCER, J. The growth of the cherry of Robusta Coffee. I. weight changes correlate with water availability during development. *New phytologist* 63: (1): 34-38. 1964.
4. FOURNIER O., L.A.; HERRERA de F., M.E. Una década de observaciones fenológicas en café *Coffea arabica* L. en ciudad Colón, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* (Costa Rica) 31(2):307-310. 1983.
5. GOMEZ G., L. Influencia de los factores climáticos sobre la periodicidad de crecimiento del café. *Cenicafé* (Colombia) 28(1):3-17. 1977.
6. JARAMILLOR, A.; GUZMAN M., O. Relación entre la temperatura y el crecimiento de *Coffea arabica* L. var *Caturra*. *CENICAFE* (Colombia) 35(3):57-65. 1984.
7. KENNING, A.; MISHOE, J.W.; BOOTE, K.J.; COOK, P.W.; REICOSKY, D.C.; PETTIGREW, W.T.; HODGES, H.F. *Agroclimatology and modeling*. *Agronomy Journal* (Estados Unidos) 85: 140-146. 1993.
8. LEON, J.; FOURNIER M., J.L. Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. Turrialba (Costa Rica) 12(2):65-74. 1962.
9. MEEK, D.W.; HUTMACHER, R.B.; MACKEY, B.E.; DAVIS, K.R. Heteroscedasticity in whole plant growth curves developed from nonreplicated data. *Agronomy Journal* (Estados Unidos) 83:417-424. 1991.
10. OYEBADE, I.T. Studies on the pattern of growth and development of *Coffea canephora* fruit in Nigeria. Turrialba (Costa Rica) 26(3):257-260. 1976.
11. RAMAIAH, P.K.; VASUDEVA, N. Observations on the growth of coffee berries in south India. Turrialba (Costa Rica) 19(4):455-464. 1970.
12. ROSADO, F.; PINO, M. DE LOS A.; SAM, M.O.; CABALLERO, A. Análisis de coeficientes de sendero en algunas variables del crecimiento de frutos de Café. *Coffea arabica* L. var. *Caturra*. *Cultivos tropicales* (Cuba) 10(1):41-51. 1988.
13. SALAZAR G., M.R. Estudio anatómico y fisiológico del fruto de café *Coffea arabica* L. Var. Colombia. Popayán (Colombia), Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, 1993. 98 p. (Tesis Licenciada en Biología).
14. SAM, M., O. Estudio de algunos aspectos del desarrollo de frutos de *Coffea arabica* L. var. *Caturra*. *Ciencia y Técnica de la Agricultura*. Serie Café y Cacao (Cuba) 4(1):15-23. 1982.
15. SRINIVASAN, C.S.; RAJU, K.S.; VISHWESHWARA, S. Pattern of fruit and development in inter-specific hybrids of *Coffea canephora* x *Coffea arabica* L. *Indian Coffee* (India) 42(4):120-125. 1978.
16. SUAREZ S, J.V. Influencia de la precipitación en el crecimiento del fruto de Café. *Avances Técnicos Cenicafé* (Colombia) No. 89:1-4. 1979.
17. WORMER, T.M. The growth of coffee berry. *Annals of Botany* (Inglaterra) 28(109):47-65. 1964.