

CRECIMIENTO FISICO Y ANATOMICO DEL FRUTO DE ARAZA (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh)

Physical and anatomical growth of araza fruit
(*Eugenia stipitata* Mc Vaugh)

Maria S. Hernández G.¹ Harvey E. Arjona D.² Bertha Coba³ ; Gerhard Fischer² Orlando Martínez W.⁴

RESUMEN

En el Municipio El Doncello, Departamento del Caquetá, en el huerto comercial de la Finca 'Copoazú' se realizó el estudio de los cambios ocurridos durante el desarrollo del fruto de arazá, desde el cuajamiento hasta la madurez de consumo. Las condiciones climáticas promedio de la zona son temperatura 25°C, humedad relativa del 85%, precipitación anual 3600 mm y brillo solar 1500 horas/año. Se evaluaron cambios físicos de diámetros longitudinal y transversal, peso fresco y seco, firmeza, así como también cambios anatómicos. Se encontró que el período transcurrido entre el cuajamiento y la madurez comercial del fruto de arazá es de 55 ± 5 días. Se identificaron 3 etapas de crecimiento, la primera de división celular, la segunda de máximo crecimiento, la cual corresponde a la expansión celular y una etapa final de estabilización del crecimiento. El tejido principal del fruto de arazá es el parénquima, cuyas células son inicialmente pequeñas, de paredes gruesas y de tamaño uniforme. En la última etapa del crecimiento dichas células aumentan de tamaño y presentan formas irregulares, con paredes adelgazadas, que se rompen durante la senescencia. El epicarpio del fruto de araza es monoestratificado, con una delgada capa de cera discontinua; en él se pueden identificar estomas cuyo número promedio es de 0.3 estomas/mm². Su tamaño y apariencia permiten inferir que no son funcionales en la etapa de maduración del fruto, pero no se descarta que puedan contribuir de manera parcial a su transpiración. La pérdida de firmeza del fruto durante la maduración puede estar causada por la ausencia de tejido de sostén.

Palabras claves: anatomía, región amazónica, desarrollo fruto, estomas, tejidos

SUMMARY

The changes that take place during the development of the fruit of arazá were studied from the anthesis to ripening. It was registered and analyzed the longitudinal and

transverse diameters, fresh and dried weight, firmness, and anatomical, modifications. It was found that 55 ± 5 days occurred between the anthesis into the commercial ripeness of the fruit of arazá. Three stages of growth were identified: the first one, cellular division, the second one, maximum growth, during which the cellular expansion takes place, and a final state of stability of the growth. The fruit anatomical study showed the parenchyma as principal tissue. In the first two steps cells are small and well defined, while at the fruit senescence cells are big, irregular and with thin walls. Arazá fruit presents stomes in the epicarp, but its density and shape indicate that would be unfunctional. Fruit softness during maturity could result from the stand tissues in the mesocarp.

Key words: amazon region, fruit development, anatomy.

INTRODUCCION

El fruto de arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) es una baya carnosa de 7 cm. de diámetro ecuatorial, con un epicarpio fino y pubescente de color amarillo en estado de madurez de consumo. Su aroma, sabor, y su producción precoz, a los 18 meses después de la siembra definitiva en campo, así como, su alta productividad durante todo el año, convierten a esta especie en una alternativa productiva para las áreas de colonización consolidadas de la amazonía. Se destaca también la corta duración del período transcurrido entre el cuajamiento y la madurez de consumo, la cual es de solo 84 días en condiciones de San José del Guaviare (Colombia) (Galvis y Hernández, 1993). El fruto de arazá es altamente perecedero. Pinedo et al. (1981) y González (1991) mencionan que la duración del fruto de arazá a 25°C no supera las 72 horas después de la cosecha, lo cual limita sus oportunidades de comercialización, por lo que es indispensable encontrar un momento de recolección anterior a la madurez plena, pero que permita que el fruto alcance la madurez organoléptica posteriormente.

¹ Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI

² Departamento de Fisiología-Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá

³ Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá

⁴ Instituto de Genética. Universidad de los Andes Bogotá

El crecimiento de los frutos involucra 3 fases, la inicial en la cual se da la división celular, la segunda de elongación celular y una tercera o final de estabilización del crecimiento. Se distinguen dos patrones de crecimiento en frutos carnosos, el crecimiento de tipo sigmoidal simple en el cual se agrupan la piña, la manzana, el tomate y la fresa entre otros y otro tipo sigmoidal doble que involucra dos períodos de crecimiento con un período de disminución o suspensión entre estos dos. Este último patrón de crecimiento es característico de frutos de hueso como el melocotón, el albaricoque, la ciruela, la cereza y otros sin hueso como el higo y la uva (Coombe, 1976; Leopold, 1975). En frutos de araza cultivado en condiciones del Departamento de Guaviare se encontró un patrón de crecimiento sigmoide simple que presenta puntos críticos al inicio del crecimiento, los cuales están asociados a los momentos de máxima síntesis de compuestos (Galvis y Hernández, 1993).

El ablandamiento en frutos es una consecuencia de la hidrólisis de la protopectina en fracciones más pequeñas e hidrosolubles que son los ácidos pécticos y es generalmente común a todas las especies, entre las cuales se puede citar como ejemplos, papaya, pitaya, uchuva, la mayoría de los cultivares de melocotón, y la frambuesa para los cuales el ablandamiento se convierte en una limitante de mercadeo (Artés y Salmeron, 1996; Fischer y Martínez, 1999; Iannetta et al., 1999; Paull et al., 1999; Trincherro et al., 1999; Wills et al., 1998). Las enzimas involucradas en el proceso de ablandamiento son la poligalacturonasa (PG) y la pectin metil esterasa (PME) (Artés y Salmerón, 1996; Iannetta et al., 1999; Perdue y Neven, 1998; Trincherro et al., 1999).

El presente estudio tuvo como objeto establecer el patrón de crecimiento del fruto de arazá, con el fin de establecer un momento oportuno de recolección y que asegure que el fruto alcanzará la madurez organoléptica

MATERIALES Y METODOS

El estudio se adelantó en la granja "Copoazú" del Municipio de El Doncello, en el Departamento de Caquetá, con temperatura promedio anual de 25°C, humedad relativa promedio de 85%, precipitación anual de 3600 mm y brillo solar de 1.500 h/año (IDEAM, 2000).

Desarrollo del fruto: En un huerto comercial de arazá con arbustos de 6 años de edad, en plena producción se marcaron 25 plantas. Se identificaron ramas productivas del tercio medio y superior y en ellas se marcaron frutos recién cuajados, del tamaño de cabeza de alfiler (0.5 cm). Semanalmente se recolectaron 10 frutos, los cuales fueron colocados entre papel humedecido y transportados al laboratorio de postcosecha del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA de la Universidad Nacional de Colombia- Sede Bogotá.

Las variables evaluadas fueron: 1) diámetros transver-

sal (DT) y 2) longitudinal (DL), medidos con calibrador Vernier y expresados en cm, 3) peso fresco (PF) (Balanza Sartorius 6000 Germany) y 4) peso seco (PS) en gramos (Balanza de precisión Sartorius), 5) firmeza, medida en un punto por fruto (penetrómetro Effegi 327 Alfonsin, Italia con punzón de 7.9 mm). Las variables fueron evaluadas desde el inicio del desarrollo, la firmeza se evaluó entre los 28 y los 62 días de desarrollo y las demás variables a partir del día 35 de desarrollo. Los análisis se concluyeron cuando el fruto alcanzó su madurez de consumo.

Análisis de la información: Los resultados para DT, DL, PF y PS fueron sometidos a análisis de regresión múltiple y se propuso un conjunto de modelos polinomiales y logaritmo polinomiales, que oscilaron entre el grado 1 y 4 para determinar los modelos que mejor explicaran el crecimiento del fruto en función de estas variables. La estimación de estos modelos se hizo mediante el programa SAS (6.2) y se seleccionaron con base en R2 y con base en la significancia estadística de cada término en el modelo, CME, así como por su simplicidad de acuerdo con la metodología propuesta por Hernández y Martínez (1993). La firmeza fue analizada como el promedio de las 10 determinaciones realizadas para cada una de ellas en cada época y se graficó su tendencia.

La forma general para los modelos polinomiales y exponenciales con y sin intercepto fueron:

$$Y = a + bD + cD^2 + eD^3 + fD^4 : \text{Polinomial de 4o grado}$$

$$Y = ea + bD + cD^2 + eD^3 + fD^4 : \text{Exponencial 4o grado}$$

Para los modelos sin intercepto se les elimina el parámetro a. En las ecuaciones anteriores D es el número de días en evaluación.

Desarrollo anatómico del fruto de arazá: Para la evaluación anatómica preliminar de los frutos, se fijaron muestras de las mismas etapas de muestreo (3 muestras por cada estado) en solución FAA (formol-Alcohol-Acido acético). Posteriormente se realizaron cortes en micrótopo, que se colorearon con tinción de safranina-fastgreen de acuerdo con la técnica de Roth (1964). Se cuantificó el cambio en el espesor del pericarpio y del mesocarpio del fruto en 10 muestras de tejido de las etapas de desarrollo sucesivas.

Estomas en el fruto: Se registró inicialmente la densidad estomática de la epidermis del fruto en estados sucesivos de madurez, verde-maduro, pintón, maduro y sobremaduro y en tres estratos del fruto, apical (extremo opuesto a la inserción del pedúnculo) ecuatorial y basal (próximo a la inserción del pedúnculo) con el fin de establecer la existencia de una contribución de estomas a la evapotranspiración del fruto. Se separó la epidermis y se lavó con solución de hipoclorito del 3.5% por 24 horas, el cual se enjuagó con agua destilada y se fijó en gelatina glicerina.

El conteo de los estomas se realizó posteriormente a la

coloración del tejido con safranina con una cuadrícula calibrada en mm².

Los conteos se realizaron con treinta repeticiones por zona muestreada (apical, media y basal). Los diámetros longitudinal (DLe) y transversal (DTe) de los estomas, en μm , se midieron en 10 estomas de cada estrato, apical, media y basal en los estados sucesivos de maduración verde maduro, pintón y maduro y sobremaduro para un total de 120 estomas.

Se realizó análisis de varianza para el grosor del epicarpio y del mesocarpio de los estados sucesivos de desarrollo y se usó la prueba de Tukey para determinar diferencias entre estados de desarrollo. Para observar si existen diferencias en el número de estomas durante la maduración del fruto se realizó análisis de varianza para los factores de estado de madurez del fruto (EM), estrato del fruto (EF) y la interacción estado de madurez y estrato del fruto.

Se realizó análisis de varianza el diámetro longitudinal y diámetro transversal de los estomas y prueba de Tukey para determinar diferencias entre los promedios de diámetros longitudinales y transversales de los estados sucesivos de madurez, estrato del fruto y la interacción entre los estados de madurez y los estratos del fruto.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se postularon un total de 64 modelos de crecimiento para las variables de DL, DT, PF y PS. Los modelos propuestos fueron de tipo polinomial y exponencial. Los modelos con mejor ajuste y mayor simplicidad fueron los polinomiales sin intercepto para cada una de las

variables analizadas (tabla 1). En general los modelos que mejor describieron el crecimiento del fruto para las cuatro variables fueron los modelos polinomiales de tercer grado sin intercepto (tabla 1). El crecimiento del fruto de arazá para las cuatro variables evaluadas presenta tres etapas: la primera de lento crecimiento, la segunda de máximo crecimiento o exponencial y la tercera de estabilización y disminución del crecimiento, principalmente, en DL y DT. En el caso de PF y PS, se presentó un leve incremento hacia la última etapa la cual coincidió con el cambio total de color del fruto. El leve aumento final en las dimensiones del fruto puede estar asociado a un llenado final en el fruto como resultado del aumento de la síntesis de algunos compuestos de reserva.

Crecimiento del fruto Diámetros Transversal (DT) y Longitudinal (DL): Se encontró que el fruto de arazá requiere 60 días para alcanzar su madurez de consumo, contados a partir del momento del cuajamiento, en las condiciones del presente estudio. Dichos resultados difieren de los reportados para el Departamento del Guaviare, en cuyas condiciones el período de desarrollo del fruto fue de 82 días (Galvis y Hernández, 1993).

En consecuencia, el período de desarrollo del fruto resultó un 25% más corto en comparación con las condiciones de la amazonia oriental. Las razones para dicha diferencia podrían explicarse por factores de pre cosecha extrínsecos como clima, suelo e intrínsecos del material de propagación. El período de crecimiento para el fruto de arazá (8.5 semanas) es menor que el promedio de muchos frutos (15 semanas) (Coombe, 1976). Dicha característica resulta de interés prioritario para el productor, ya que puede asegurar continuidad en el mercado ya sea con producto fresco o procesado.

Tabla 1. Modelos polinomiales seleccionados para el crecimiento con base en diámetros longitudinal y transversal y pesos fresco y seco del fruto de arazá de grado 1 a 4.

Modelo	CME	R ²	Coeficientes			
Longitud Y=bD	0.3574	0.9831	b	c	d	e
Y=bD+cD ²	0.2829	0.9868	**	**	Figura 1.	
Y=bD+cD ² +dD ³	0.2387	0.9890	**	**	**	
Y=bD+cD ² +dD ³ +eD ⁴	0.1770	0.9919	ns	**	**	**
Diámetro Y=bD	0.4222	0.9818	**			
Y=bD+cD ²	0.3691	0.9843	**	**		
Y=bD+cD ² +dD ³	0.2923	0.9877	**	**	**	
Y=bD+cD ² +dD ³ +eD ⁴	0.2820	0.9883	ns	**	**	**
Peso fresco Y=bD	657.61	0.9188	**			
Y=bD+cD ²	152.16	0.9814	ns	*		
Y=bD+cD ² +dD ³	106.50	0.9871	**	**	**	
Y=bD+cD ² +dD ³ +eD ⁴	98.48	0.9883	ns	ns	*	**
Figura 2. Peso seco						
Y=bD	5.55	0.9326	**			
Y=bD+cD ²	1.73	0.9791	ns	**		
Y=bD+cD ² +dD ³	1.50	0.9821	**	**	**	
Y=bD+cD ² +dD ³ +eD ⁴	1.49	0.9825	ns	ns	ns	ns

D=Días. Probabilidad: *, ** significativo P=0.05 y 0.01 respectivamente. n s no significativo

El crecimiento del fruto presentó una cinética sigmoidea, en la cual se pueden identificar 3 etapas, Etapa 1 de rápido crecimiento hasta los 21 días después del cuajamiento (figura 1), en ella hubo un aumento en diámetros tanto longitudinal como transversal (DL) y (DT), dado por el proceso de división celular, característico del inicio del crecimiento, al igual que aumentó el peso fresco y peso seco como consecuencia del aumento celular.

El corte transversal del fruto muestra la disposición de los tejidos. La tendencia de crecimiento coincide con lo

expuesto por Rogiers y Knowles (1997) en los frutos de *Amelanchier alnifolia*, baya del bosque subtropical en el que el incremento en el número de células contribuye sustancialmente al crecimiento del fruto en la etapa inicial de su desarrollo (figura 2), igualmente coincide con lo expuesto para el fruto de guayaba por Garcés (1987). El tejido predominante en el fruto es un parénquima de células pequeñas de paredes gruesas y bien definidas. El epicarpio se caracteriza por ser uniestratificado y pubescente.

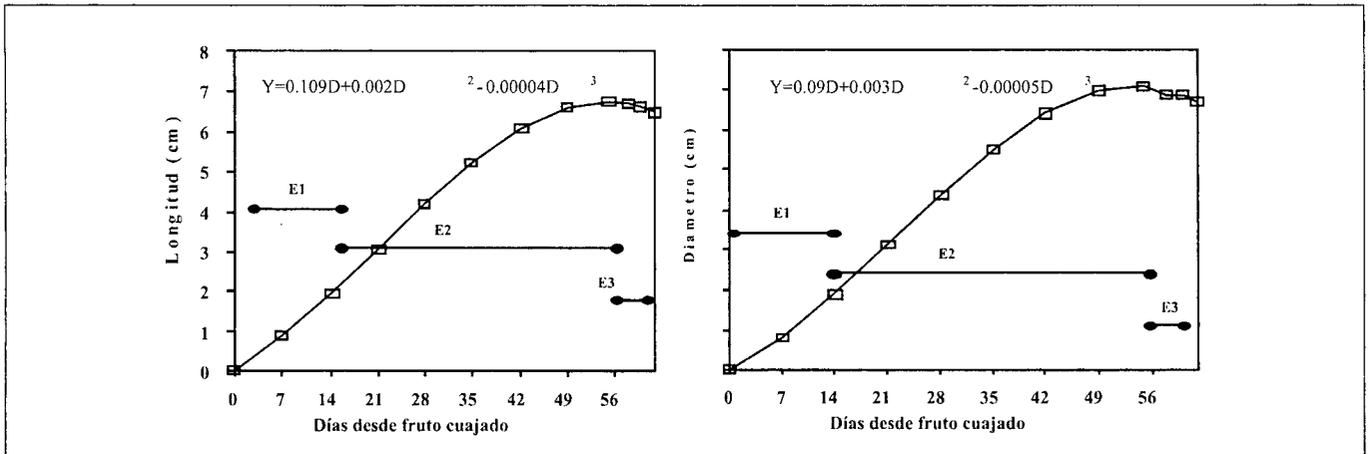


Figura 1. Curva de crecimiento del fruto de arazá con base en los diámetros longitudinal (A) y transversal (B).

La cutícula presenta una delgada capa cerosa, la cual es discontinua. En la zona subepidérmica se identifican canales secretores característicos de la familia *Myrtaceae* y que también son exhibidos por el fruto de guayaba

(Garces, 1987). Se evidencia el aumento de capas de células en el mesocarpio, coincidiendo con el aumento de tamaño en el fruto. Se identifican numerosos haces vasculares.

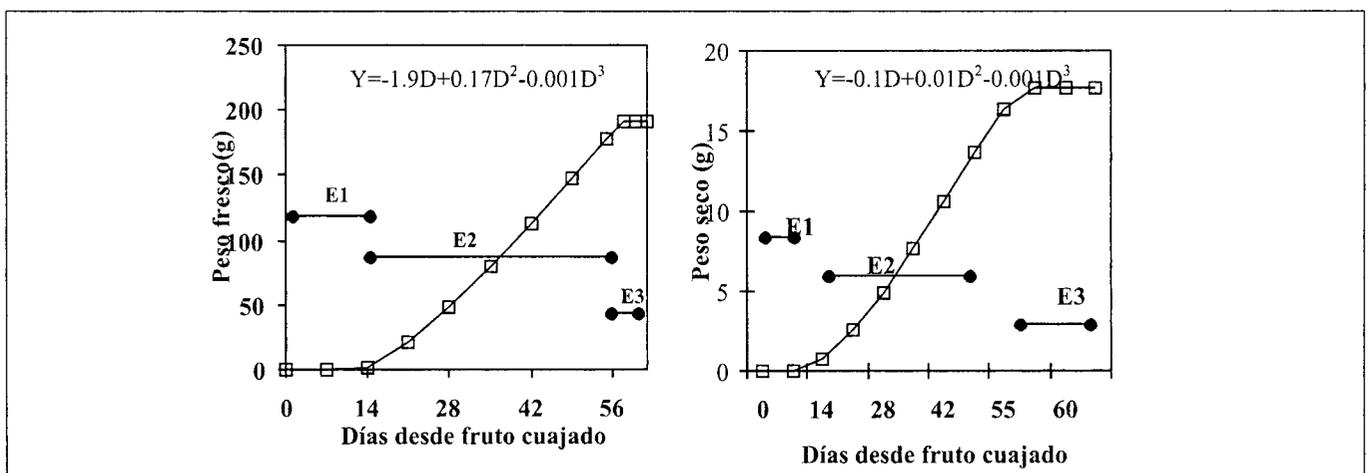


Figura 2. Curva de crecimiento del fruto de arazá con base en el Peso Fresco (PF) y Peso Seco (PS) durante el desarrollo del fruto de Araya.

El máximo crecimiento del fruto ocurrió en la etapa 2 del crecimiento entre los 21 y los 42 días después de cuajamiento. Tanto los diámetros longitudinal como transversal y los pesos fresco y seco aumentaron como resultado de la elongación celular y de la acumulación de sintetizados de reserva; dicho comportamiento coincide

con lo reportado durante el crecimiento de la *Amelanchier alnifolia* por Olson y Steeves (1982).

Durante esta etapa el fruto cambió su morfoanatomía dando lugar al recubrimiento de los esbozos seminales por un tejido fuertemente esclerificado, de apariencia

áspera y de color café, que es el encargado de proteger al embrión de la semilla. Las células del mesocarpio se observan agrandadas y llenas, en algunas el compuesto predominante son taninos, responsables de la astringencia de la fruta. La presencia de taninos durante las primeras etapas de desarrollo de los frutos de Myrtaceae parece ser común a los frutos de esta familia, ya que similares observaciones reportó Garcés (1987) cuando estudió los frutos de guayaba. Las paredes celulares se adelgazan levemente y su forma se torna más redondeada. En la subepidermis se presenta la mayor división celular, de tipo anticlinal, que permite la expansión del tejido, manteniendo su carácter uniestratificado. El tejido que rodea los esbozos seminales se torna más rojo, correspondiendo a un proceso de esclerificación de los tejidos.

La etapa 3 del desarrollo se extendió del día 42 hasta el día 60 en la cual hubo un moderado incremento del diámetro transversal, el cual alcanzó 7.1 cm. El diámetro longitudinal final fue de 6.9 cm por lo que el fruto alcanzó en esta etapa su forma definitiva, globosa, un poco achatada en los polos (Páez, 2000). Tanto el peso fresco como el peso seco siguen aumentando hasta el momento de cosecha, lo cual coincide con las observaciones de Trincherro et al. (1999) y Fischer y Martínez (1999) en sus estudios con uchuva. Las semillas alcanzan

su tamaño definitivo y se evidencian llenas de almidón. En esta etapa se completó el proceso de esclerificación. El tejido del mesocarpio presenta células de paredes delgadas. Al final de esta etapa, se encuentran células plasmolizadas. La subepidermis presenta células agrandadas. Se observa liberación de pectina de la pared, en consecuencia la pared se debilita. Los canales oleíferos se deterioran.

El análisis preliminar de la anatomía del fruto permitió establecer que el arazá no posee tejido de sostén, no se evidencian ni esclerenquima, ni colenquima, lo cual contribuye a la disminución de la textura, y unido a la degradación de la pectina constituyen la principal razón del ablandamiento del fruto durante la maduración. Dicha composición anatómica difiere de manera clara con la anatomía del fruto de guayaba, en el cual se distinguen desde el inicio de su desarrollo la presencia de las esclereidas que son las que le confieren la textura característica de la pulpa (Garcés, 1987).

Grosor del epicarpio y mesocarpio del fruto durante el desarrollo: En la tabla 2 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para el grosor del epicarpio y del mesocarpio, los cuales señalan diferencias altamente significativas entre los estados de desarrollo.

Tabla 2. Análisis de varianza para el grosor del pericarpio y del mesocarpio del fruto de arazá durante el desarrollo

Fuente de variación	Grosor del pericarpio		Fuente de variación	Grosor del mesocarpio	
	G.L.	CM		G.L.	CM
Estado de desarrollo	5	53**	Estado de desarrollo	3	17319877 **
Error	54	6.2	Error	36	214327

Probabilidad:*, ** significativo P=0.05 0.01 respectivamente, ns: no significativa

El grosor del epicarpio del fruto de arazá varía entre 13.5 m al inicio del desarrollo y 7.5 m al final del desarrollo (tabla 3). En la Etapa 1 del desarrollo del fruto, el epicarpio está constituido por una capa uniestrato de células de paredes gruesas bien definidas. Esta característica se mantiene durante toda la etapa de división celular y en el inicio de la etapa 2 de expansión celular.

En la etapa 2, se hace máximo el aumento del número

de células del mesocarpio, mientras que el epicarpio se adelgaza. El adelgazamiento tiene lugar por dos razones, el tipo de división del tejido, de tipo anticlinal, que conlleva el aumento de superficie, más no de su grosor; y la disminución del grosor de la pared celular. Este mismo comportamiento tiene el epicarpio del fruto de guayaba, el cual crece en forma radial pero definitivamente no cambia su carácter uniestratificado (Garcés, 1987).

Tabla 3. Cambios de grosor del epicarpio y del mesocarpio del fruto de arazá durante el desarrollo

Estado de desarrollo	Grosor del epicarpio (μm) ^w	Grosor del mesocarpio(cm) ^w
El inicial	13.5 a	0.5 c
E1 final	12.8 a	1.7 b
E2 inicial	13.3 a	3.0 a
E2final	12.0a	3.4 a
E3 inicial	7.5 b	3.4 a
E3 final	7.5 b	3.4 a

^wPrueba de Tukey al 5%

En la Etapa 3, las paredes de las células no sólo se adelgazan, sino que se rompen. En esta etapa se completa el proceso de maduración del fruto y el inicio de la senescencia.

El mesocarpio presenta su mayor aumento en la E1 del desarrollo, momento en el cual tiene lugar la mayor división celular; las células poliédricas se caracterizan por ser uniformes de paredes gruesas y moderadamente vacuoladas. En la E2, la expansión celular obedece a un aumento del tamaño celular, con disminución del grosor de la pared celular. Al final de esta etapa, las células del parenquima no presentan distribución ordenada y el tamaño ha aumentado considerablemente. Entre las Etapas 1 y 2 del desarrollo se encontraron diferencias

altamente significativas entre el grosor del mesocarpio y del epicarpio (tabla 3) entre si y con relación a los grosores en la Etapa 3. Una vez que se alcanza el máximo crecimiento de la estructura, el grosor del mesocarpio no cambia y solo se suceden modificaciones a nivel tisular, con adelgazamiento de las paredes celulares y al final de la Etapa 3 con lisis de algunas células.

Estomas en el fruto de arazá durante la maduración:

En la tabla 4 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para las características de los estomas del fruto. Se encontraron diferencias estadísticas (1%) para el estado de madurez en el diámetro y longitud de los estomas.

Tabla 4. Análisis de varianza para Diámetros longitudinal y transversal y densidad de estomas en los estratos apical, ecuatorial y basal de 4 estados sucesivos del fruto de arazá.

Fuente de variación	G.L.	Diámetro		Densidad estomática
		Longitudinal	Transversal	
Estado de Madurez	3	118.8 **	131.4 **	0.56 n.s.
Estrato del fruto	2	2.41 n.s	7 n.s	0.47 n.s.
Estado*Estrato	6	6.68 n.s	8 n.s.	0.27 n.s
Error ^y	108	14.45	6.7	0.28

Probabilidad: *,** significativa P=0.05, 0.01 n.s. no significativa

^yGrados de libertad del error para la variable densidad 348

El análisis de varianza para los diámetros longitudinal y transversal de los estomas del fruto de arazá (tabla 4) mostró diferencias altamente significativas entre estados de madurez, siendo de mayor tamaño los estomas del estado maduro. Se ha observado que los estomas en frutos maduros pueden alcanzar dimensiones mayores, las cuales pueden estar asociadas a la pérdida de funcio-

nalidad (Roth, 1977).

Existen diferencias entre las dimensiones de los estomas en los estados verde-maduro, pintón, maduro y sobremaduro (tabla 5). Se encontró que los estomas en estos estados finales de madurez se han elongado, tal como describe Roth (1977).

Tabla 5. Prueba de Tukey para las variables diámetro longitudinal y transversal y densidad de estomas en el fruto de arazá en estados sucesivos de madurez

Estado de madurez	Diámetro longitudinal (µm)	Diámetro transversal (µm)	Densidad (estomas·mm ⁻²)
Verde-maduro	21.8 b	14.7 c	0.4
Pintón	22.0 b	17.4 b	0.3
Maduro	23.8 ab	19.2 a	0.3
Sobremaduro	26.1 a	19 ab	0.2

A pesar de que la interacción estado de madurez*estrato del fruto no fue significativa para los diámetros longitudinal y transversal, los promedios se presentan en la tabla 6 debido a que existen algunos resultados que vale la pena destacar. Las dimensiones de los estomas variaron entre 21-26 mm de diámetro longitudinal y 13-19 mm de diámetro

transversal (tabla 6). Su tamaño es menor que el de otras especies como es el caso del carambolo cuyo diámetro longitudinal es de 39 mm y diámetro transversal de 30 mm y corresponde a la tercera parte de los estomas de la epidermis de Tulipa que superan las 70 mm en ambas dimensiones (Roth, 1977).

Tabla 6. Diámetros longitudinal y transversal (mm) de estomas de frutos de arazá en estados sucesivos de madurez.

Estado de madurez	Estrato del fruto					
	Apical		Ecuatorial		Basal	
	DL	DT	DL	DT	DL	DT
Verde-maduro	21.6	15.5	22.6	15.1	21.3	13.5
Pintón	22.2	17.4	21.6	17.4	22.2	17.4
Maduro	23.5	19.4	22.6	18.0	25.1	20.3
Sobremaduro	26.1	20.2	26.1	18.4	26.1	18.7

Se encontraron estomas en el fruto en los cuatro estados de desarrollo sucesivos evaluados, verde-maduro, pintón, maduro y sobremaduro (tabla 7). Los estomas se encuentran en los 3 estratos en los que se dividió

el fruto. Su distribución es aleatoria y no se encontró ningún patrón de distribución. La densidad de estomas varió entre 0.1 estoma/mm² en la región basal y 0.5 estoma/mm² en la región ecuatorial.

Tabla 7. Densidad de estomas (por mm²) en las regiones apical, ecuatorial y basal en cuatro estados sucesivos de madurez del fruto de arazá.

Estado de madurez	Estrato del fruto		
	Apical	Ecuatorial	Basal
	Verde-maduro	0.3	0.5
Pintón	0.3	0.4	0.3
Maduro	0.3	0.3	0.2
Sobremaduro	0.2	0.3	0.1

Aunque el análisis de varianza (tabla 4) no mostró diferencias en la densidad estomática entre los estratos, ni entre los estados de madurez sucesivos, de manera general, se encontró que los estomas del fruto de arazá son más frecuentes en la zona ecuatorial (tabla 7), difiriendo de lo que se ha encontrado en otros frutos como la manzana y la pera en la cual los estomas están predominantemente en la zona basal o apical del fruto (Roth, 1977).

La baja variación en la densidad de estomas podría indicar que durante la maduración del fruto, los estomas en el fruto de arazá no son funcionales, como ocurre en la manzana, ya que van perdiéndose por la formación de corcho y son reemplazados por las lenticelas (Roth, 1977).

La densidad de estomas en el arazá (tablas 5 y 7) es baja comparada con otros frutos como la carambola

(González et al., 2001) en el que la densidad estomática es de 1.22 estomas×mm², o de la naranja navel de 13.86 estomas×mm² (Roth, 1977). En consecuencia, no se puede descartar una contribución de los estomas al proceso de transpiración, aunque tampoco se puede asegurar una significativa contribución.

Evolución de la firmeza del fruto de arazá durante su desarrollo. La firmeza del fruto (figura 3) se incrementó durante la etapa 2 del desarrollo y su máximo se registró el día 35 con 72 N, comportamiento que se asocia con la síntesis de protopectinas del fruto. La firmeza disminuye a valores de 20 N, resultado del desdoblamiento de las protopectinas en moléculas de menor tamaño (Ferreira y Gentil, 1999; Paull et al., 1999). La disminución de la textura del arazá puede estar asociada además con la ausencia de tejidos de sostén, como colenquima y esclerenquima.

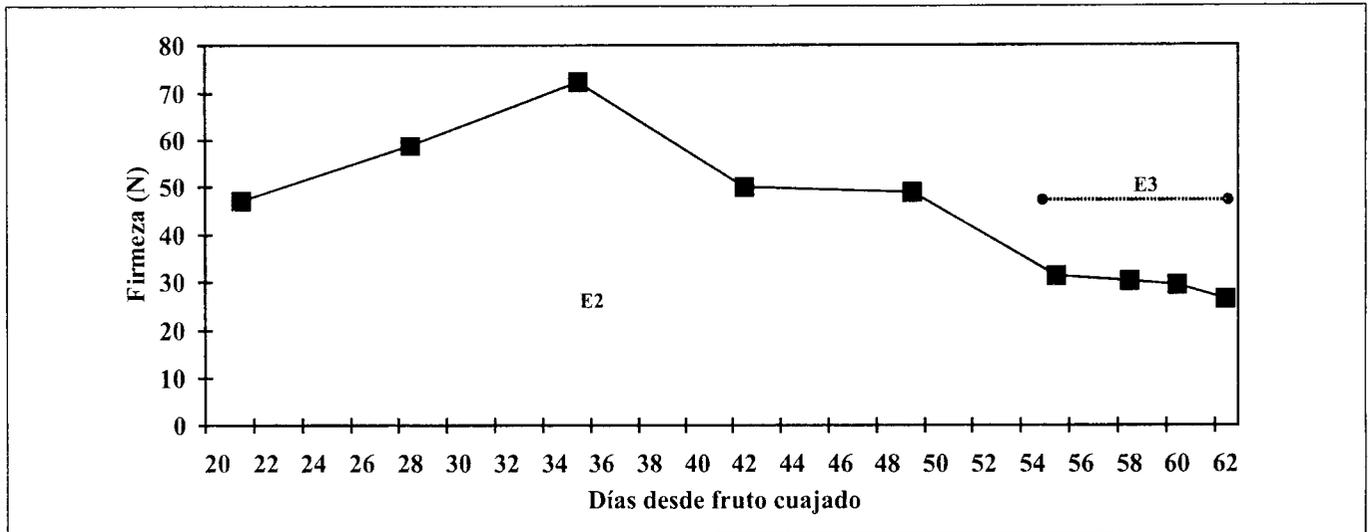


Figura 3. Variación de la firmeza medida en Newtons en el fruto de arazá durante su desarrollo.

En consecuencia, el arazá resulta susceptible a daños mecánicos durante la postrecolección, los cuales se incrementan en la medida en que el fruto sea recolectado y transportado durante la madurez de consumo y no previamente.

CONCLUSIONES

Del presente estudio se puede concluir que el desarrollo del fruto de arazá tiene una duración promedio de 55 días, desde la antésis hasta la madurez de recolección, en las condiciones del piedemonte Caquetense. El fruto de arazá se cosechará oportunamente cuando la tonalidad del epicarpio cambie de verde intenso a verde claro, sin brillo y se haya alcanzado su máximo tamaño tanto en diámetro longitudinal, como transversal. Como se encontró que el fruto, después de este estado sigue aumentando su peso fresco y seco, se sugiere considerar dejarlo en la planta el mayor tiempo posible, si el mercado al cual se dirige es el local. Sin embargo, con la susceptibilidad al daño mecánico, ayudada por la ausencia de tejido de sostén, no resulta de ninguna manera recomendable para el transporte, el cual tendrá que ser por vía terrestre del huerto al almacén de acopio o al puerto de embarque.

La succulencia del fruto de arazá se debe a las características del tejido parenquimático que lo constituye, células grandes vacuoladas, las cuales presentan paredes delgadas y forma irregular durante la maduración y la senescencia.

El fruto de arazá presenta una baja densidad promedio de estomas $0.3 \text{ estomas} \times \text{mm}^2$ en el período de maduración, lo que puede indicar que estas estructuras ya no son funcionales para este período. Son estomas pequeños de $21 \mu\text{m}$ de diámetro longitudinal y $14 \mu\text{m}$ de diámetro transversal. Aunque no se descarta que puedan ser estruc-

turas que participan en la transpiración del fruto, su participación puede ser limitada.

La recolección del fruto de araza se recomienda en el inicio de la maduración con el fin de disminuir los riesgos de daños mecánicos. La firmeza del fruto deberá ser cercana a 30N para el momento de recolección, de esta manera la manipulación no ocasionará daños en el fruto, disminuyendo sus pérdidas en postcosecha.

LITERATURA CITADA

- ARTÉS, F. & SALMERON, M.C. 1996. Quality attributes, pectolytic enzyme activities and physiological changes during postharvest ripening of nectarine. *Journal of Food Quality*. 19: 491-503.
- COOMBE, B.G. 1976. The development of fleshy fruits. *Annual Review of Plant Physiology*. 27: 207-228.
- FERREIRA, S.A.D. & GENTIL, D.F.O. 1999. Arazá (*Eugenia stipitata*), cultivo y utilización. Tratado de cooperación amazónica, Secretaria Protempore 107 p.
- FISCHER, G. & MARTÍNEZ, O. 1999. Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana L.*) En relación con la coloración del fruto. *Agronomía Colombiana*. 16(1-3): 35-39.
- GALVIS, J.A. & HERNÁNDEZ, M.S. 1993. Análisis del crecimiento y determinación del momento oportuno de cosecha del fruto de arazá (*Eugenia stipitata Mc Vaugh*). *Colombia Amazónica* 6(2): 107-121.
- GONZÁLEZ, J. 1991. El cultivo del arazá en la Amazonía Peruana. INIA. Estación Experimental Agropecuaria San Roque. Lima, Perú. 27 p.

- GONZÁLEZ, V.; HERNÁNDEZ, M.S.; HERRERA, A.; BARRERA, J.; MARTÍNEZ, O. & PAEZ, D. 2001. Desarrollo del fruto e índices de cosecha de la carambola (*Averrhoa carambola L.*) producida en el pie de monte amazónico colombiano. *Agronomía Colombiana* 18(1-3): 53-62.
- HERNÁNDEZ, M.S. & MARTÍNEZ, O. 1993. Modelos de crecimiento para el fruto de lulo (*Solanum quitoense Lam.*). *Agricultura Tropical* 30(3): 85-90.
- IANNETTA, P.P.M.; VAN DER BERG, J.; WHEATLEY, R.; MC NICOL, R.J. & DAVIES, H. V. 1999. The role of ethylene and cell wall modifying enzymes in raspberry (*Rubus idaeus*) fruit ripening. *Physiology plantarum*. 105: 338-347.
- IDEAM, 2000. Reportes meteorológicos de las estaciones del aeropuerto de la ciudad de Florencia, Caquetá. Últimos diez años.
- LEOPOLD, CA. 1975 *Plant Growth and development*. 2o Ed. McGraw Hill Publishing Co. New Delhi. P. 270-280.
- OLSON, A. R. & STEEVES, T. A. 1982. Structural changes in the developing fruit wall of *Amelanchier alnifolia*. *Canadian Journal of Botany*. 60:1880-1887.
- PÁEZ, D. 2000. Caracterización fisicoquímica de los frutos y sus principales constituyentes. En: Memorias del Seminario "Tecnologías de recolección y manejo post cosecha de frutos amazónicos con potencial económico y comercial en la amazonía occidental colombiana. Universidad de la Amazonia - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria PRONATTA. Florencia, Caquetá. S/N.
- PAULL, R.E.; GROSS, K. & QIU, Y. 1999. Changes in papaya cell walls during fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology*. 16: 79-89.
- PERDUE, D. & NEVEN, L. 1998. Cell wall β -galactosidase in ripening 'D'anjou' pears. *Journal of Food Quality* 21: 341-353.
- PINEDO, M.; RAMÍREZ, F. & BLASCO, M. 1981. Notas preliminares sobre el Arazá (*Eugenia stipitata*) Frutal Nativo de la Amazonía peruana. Ministerio de Agricultura y Alimentación. INIA. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-OEA. Lima, Perú. 58p.
- ROGIERS, S.Y. & KNOWLES, R. 1997. Physical and chemical changes during growth, maturation and ripening of Saskatoon (*Amelanchier alnifolia*) fruit. *Canadian Journal of Botany*. 75: 1215-1225.
- ROTH, I. 1964. *Microtecnia vegetal*. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- ROTH, I. 1977. *Fruits of angiosperms*. Gebrüder Borntraeger. p. 39-97.
- TRINCHERO, G.D.; SOZZI, G.O.; CERRI, A. M.; VILLELA, F. & FRASCHINA, A.A. 1999. Ripening-related changes in ethylene production, respiration rate and cell enzyme activity in golden berry (*Physalis peruviana L.*) a solanaceous species. *Postharvest Biology and Technology*. 16:139-145.
- WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D & JOYCE, D. 1998. *Postharvest. An introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals*. 4th edition CABI Publishing. p. 33-60.