

Crecimiento y acumulación de nutrientes del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo "Criolla Roja" en la planicie de Maracaibo.

Growth and nutrient accumulation of Guava fruits (*Psidium guajava* L.) "Criolla Roja" type in Maracaibo plateau.

Francisco Araujo^{1,2,3}

Silvia Quintero

Joaquin Salas

Jesus Villalobos

Angel Casanova^{2,4}

Resumen

Se realizó un estudio para definir la curva de crecimiento del fruto, la duración del ciclo y la extracción de nutrientes realizada por la fruta. Se marcaron 400 botones florales en 10 guayabos del tipo «Criolla Roja» de 3 años de edad, ubicados en un lote comercial. Desde el marcaje se realizaron 17 muestreos destructivos hasta culminar en fruta madura. Se cuantificó el peso fresco, peso seco, diámetro y longitud y la concentración de N, P, K, Ca, Mg y Na. La duración del ciclo desde cuaje incipiente del fruto hasta el quiebre de color y maduración de consumo fue de 114 y 121 días, respectivamente. Desde prefloración (botones florales de 1.5 cm de longitud) hasta cuaje incipiente transcurrieron 20 días. La curva de crecimiento acumulado coincidió con la curva doble sigmoide para todas las variables estudiadas. La etapa III de la curva de peso fresco (entre 92 y 121 post-cuaje) exhibió un violento incremento respaldado básicamente por el aumento del contenido de agua del fruto. Se registró una extracción de nutrientes por 1000 kg de fruta fresca producida de 1.83, 1.62, 0.9, 0.39, 0.24 y 0.22 kg de N, K, Ca, P, Na y Mg, respectivamente, la cual es similar o ligeramente superior a la extracción observada para otras frutas, incluyendo la guayaba.

Palabras claves: Guayaba, fruto, crecimiento, nutrientes, extracción

Recibido el 27-06-1995 ● Aceptado el 24-02-1997

1. Autor a quien debe dirigirse la correspondencia.

2. Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, Núcleo Agropecuario, Ciudad Universitaria, Av Goajira, Apartado 15205, Maracaibo ZU4005, Venezuela.

3. Departamento de Agronomía

4. Departamento de Estadística

Abstract

This study was conducted to define the guava fruit growth curve, its growing cycle length and the nutrient extraction per unit fresh fruit. Four hundred floral blossoms were tagged on 10 three-year-old, «Criolla Roja» type, guava trees growing in a commercial orchard. Beginning at tagging time 17 harvests were done until full fruit maturation. Fresh and dry weight, length and diameter of the fruit were quantified as well as its N, P, K, Ca, Mg and Na concentration. Cycle length from pre-bloom (floral blossoms 1.5 cm long) to fruit-set and from fruit-set to color break and eating ripeness was 20, 114 and 121 days, respectively. Cumulative growth curves for dry and fresh weight, length and diameter were of the double sigmoid type. Fresh weight during Stage III (between 92 and 121 days after fruit-set) showed a violent increase basically as a result of the increment in fruit water content. Nutrient extraction per 1000 kg of fresh fruit produced was 1.83, 1.62, 0.90, 0.39, 0.24 y 0.22 for N, K, Ca, P, Na y Mg, respectively. These amounts were similar or a little higher than those reported before for other fruits, including guava.

Key words: Guava, fruit, growth, nutrient, extraction.

Introducción

La producción de guayabas en el Estado Zulia experimentó una rápida expansión durante la década de los 80 como resultado de la iniciativa de los fruticultores en respuesta a la creciente demanda de fruta por el mercado nacional. Para 1992 se estimaban unas 4 000 ha en producción ubicadas casi totalmente en la Planicie de Maracaibo. La expansión del cultivo se basó en la gran adaptación del guayabo a las condiciones agroecológicas de la región y en la tecnología básica de producción ya existente. Muchos aspectos técnico-agronómicos fueron obviados en este desarrollo quizá por la premura existente para producir fruta y por la carencia de un personal técnico capacitado para dirigirlo. No tardaron en aflorar los problemas fitosanitarios, de comercialización, post-cosecha y culturales en general,

motivados por la expansión del cultivo. De acuerdo a lo expresado por Kramer y Kozlowsky (13), en la medida que conocemos mejor la especie que producimos, su genética, fisiología y comportamiento ante el medio ambiente, podremos predecir mejor sus respuestas y orientar en forma precisa a los encargados de su producción, los fruticultores. El presente trabajo fue realizado dentro de esta filosofía en atención a la necesidad de realizar investigación de campo para dilucidar el comportamiento fisiológico del guayabo bajo las condiciones de la Planicie de Maracaibo, y prepararnos para dar respuestas a los crecientes problemas que se han presentado. El estudio tuvo como objetivos: 1. definir la curva de crecimiento del fruto de guayaba del tipo «Criolla Roja», el más importante de esta región, por cuanto

el patrón de crecimiento de la guayaba ha sido reportado como sigmoide simple y como doble sigmoide (16), 2. cuantificar la duración del ciclo del crecimiento del fruto identificando a su

vez algunas de sus etapas fenológicas, y 3. cuantificar el contenido de N, P, K, Ca, Mg y Na en el fruto para generar criterios de fertilización por restitución.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo durante el año 1991 en una finca comercial de 40 ha de guayabos en producción ubicada en la Planicie de Maracaibo, jurisdicción del Municipio Mara, Estado Zulia, donde se registra la mayor producción de guayaba de Venezuela. Esta zona de vida es la de bosque muy seco tropical según la clasificación de Holgridge (10). Los valores promedio anuales de temperatura, humedad relativa, evaporación y precipitación son 28 °C, 75 %, 2 200 mm y 600 mm, respectivamente (Estación Meteorológica del Centro Vitícola, no publicado). Los suelos pertenecen al grupo de los Typic Haplargids (Soil Taxonomy) y se caracterizan por presentar texturas superficiales arenosas con un horizonte subsuperficial argílico, reacción ligeramente ácida, bajo contenido de materia orgánica y baja fertilidad natural (1, 15).

Los huertos en esta finca reciben un manejo agronómico tradicional que se resume en la aplicación de riego por surco y platón semanalmente, una fertilización equivalente a 1.5 kg de fertilizante compuesto por árbol/año, aplicaciones esporádicas de insecticida contra la mosca de las frutas y podas de mantenimiento ocasionales.

Se seleccionaron al azar de un lote de guayabos del tipo «Criolla Roja»

de 3 años de edad y provenientes de semilla, 10 árboles similares en forma y tamaño de copa. Esta forma de propagación es la predominante en la región así como el tipo de guayaba, caracterizada por ser piriforme de pulpa rosada a roja y epidermis amarilla cuando madura.

Se seleccionaron en base a su apariencia y tamaño uniformes, 400 botones florales (aproximadamente 40 por árbol) ubicados en la sección media de la copa y se marcaron con cintas plásticas rojas. El diámetro y longitud promedio de los botones florales fue de 0.43 ± 0.044 y 1.53 ± 0.15 cm, respectivamente. Esta similitud en tamaño permitió asumir una edad uniforme en los botones para obviar la dificultad de esta medición bajo condiciones de campo y en un cultivo de floración continua como el guayabo en esta zona.

Comenzando el día de la selección y marcaje de los botones florales (prefloración) se realizaron 17 muestreos sucesivos (15 muestreos con un intervalo semanal y 2 con un intervalo de dos semanas) hasta culminar en la maduración del fruto. Los muestreos consistieron en la recolección de 15 unidades marcadas, independientemente de su estado de desarrollo al momento del muestreo, en los 10 guayabos seleccionados. Una vez cosechadas las unidades muestrales se

empacaron en bolsas de polietileno y se llevaron rápidamente al laboratorio donde se pesaron y midieron en forma individual para obtener su peso fresco (PF), diámetro (D) y longitud (L). Se determinó el diámetro mayor de la estructura, fuese botón floral o fruto. La longitud de botones florales y frutos no incluyó el pedúnculo. Las unidades muestrales fueron posteriormente secadas en estufa a 70 °C hasta obtener peso constante, para determinar su peso seco (PS) y poder calcular el porcentaje de peso seco (%PS). Para cuantificar el peso se utilizó una balanza electrónica (Mettler 4400) y para cuantificar el diámetro y longitud se utilizó una regla convencional.

La materia seca fue objeto de análisis químico. El nitrógeno se determinó por el método de Kjeldahl (2), el fósforo se determinó por espectrofotometría utilizando metavanadato-molibdato de calcio (2). El potasio, calcio, magnesio y sodio fueron determinados por espectroscopía de

absorción atómica (2).

La Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) se determinó para cada variable utilizando una ecuación similar al siguiente caso específico del PF; $TCR = (LnPF2 - LnPF1)(T2 - T1)^{-1}$, (T: tiempo) de acuerdo con Beadle, 1983 (5).

Se utilizó la prueba «t» de Student para obtener significación estadística entre las medias de los pares de muestreos sucesivos en forma secuencial para las variables PF, PS, D, y L. Igualmente, para detectar significación estadística en la concentración de minerales en la fruta entre el momento de cuaje incipiente y maduración de consumo. Se realizó un análisis de varianza completamente aleatorizado para la variable %PS (previamente transformada a arcoseno) tomando los muestreos como fuente de variación y la prueba de medias de Tukey para separar grupos de medias diferentes. Se realizó un análisis de regresión no lineal entre el PF y el PS.

Resultados

El tiempo transcurrido entre el cuaje de la fruta (fruta incipiente, reteniendo todavía los estambres marchitos) y la madurez de consumo (fruta de epidermis amarilla y buena consistencia) fue de 121 días. A los 114 días después del cuaje, la fruta comenzó a cambiar su color verde a un amarillo pálido. Entre prefloración (botones florales de 1.53 ± 0.15 y 0.427 ± 0.044 cm de longitud y diámetro, respectivamente) y cuaje de fruta transcurrieron aproximadamente 20 días.

El peso fresco (PF) de la fruta aumentó significativamente ($P < .05$) en cada muestreo sucesivo realizado desde el cuaje hasta 56 días después. En este momento la fruta había alcanzado el 19 % de su PF final. Entre los 56 y 92 días después del cuaje, no se registraron incrementos significativos de PF entre los muestreos sucesivos. Al final de este período de 36 días, la fruta había alcanzado, sin embargo, el 24 % de su PF final. Entre los 92 y 121 días post-cuaje, el PF de la fruta aumentó significativamente

($P < .05$) entre los muestreos sucesivos acumulando el 76 % restante de su PF final el cual fue de 113.4 g (figura 1, cuadro 2). El peso seco (PS) mantuvo un incremento sostenido entre muestreos sucesivos ($P < .01$) hasta los 71 días post-cuaje cuando alcanzó el 41.4 % de su PS final. No se cuantificaron incrementos significativos para los muestreos sucesivos entre los 71 y los 92 días post-cuaje, sin embargo, el PS alcanzó el 49 % de su valor final en esta última fecha. Entre los 92 y 121 días se acumuló el 51 % restante del PS cuyo valor máximo fue de 21.16 g (figura 2, cuadro 2). El incremento total en este período fue significativo ($P < .05$) así como el de los muestreos sucesivos, con la excepción de los realizados entre los 99 y 114 días donde se registró un ligero descenso, motivado posiblemente a la variabilidad del material experimental (figura 2). El

diámetro de la fruta aumentó en forma similar al PF. Hubo incrementos significativos ($P < .05$) entre muestreos sucesivos hasta el día 56 post-cuaje, cuando la fruta alcanzó el 54 % de su diámetro máximo. Posteriormente, hasta el día 92 post-cuaje no se registraron incrementos significativos, sin embargo para este momento la fruta había alcanzado el 59 % de su diámetro máximo. El diámetro aumentó de nuevo significativamente ($P < .05$) en forma sostenida entre ésta última fecha y los 114 días post-cuaje (figura 3). La longitud del fruto aumentó en forma similar al diámetro, alcanzando a los 56 días post-cuaje el 57 % de su longitud máxima e incrementando sólo un 5.5 % de ésta en el período entre 56 y 92 días post-cuaje (figura 4). La longitud y diámetro máximos, 7 y 5.7 cm, respectivamente, se obtuvieron a los 114 días post-cuaje (figura 3 y 4)

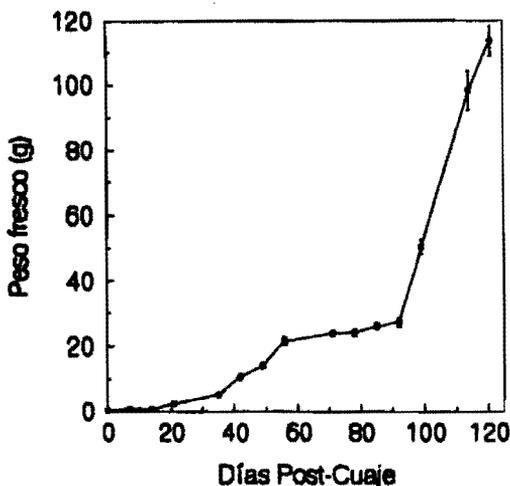


Figura 1. Crecimiento acumulado del fruto en peso fresco (g) desde el cuaje hasta la madurez de consumo. Cada punto es el promedio de 15 repeticiones. Las barras representan los errores estándar.

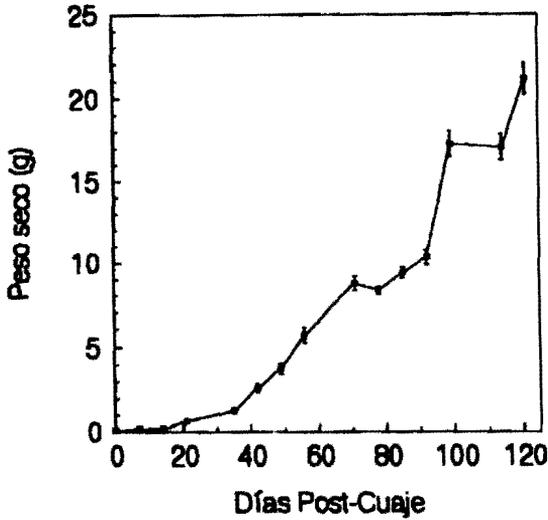


Figura 2. Crecimiento acumulado del fruto en peso seco (g) desde el cuaje hasta la madurez de consumo. Cada punto es el promedio de 15 repeticiones. Las barras representan los errores estándar.

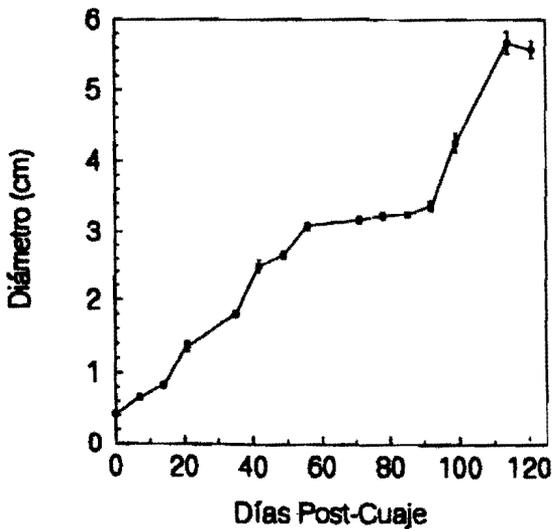


Figura 3. Crecimiento acumulado del fruto en diámetro (cm) desde el cuaje hasta la madurez de consumo. Cada punto es el promedio de 15 repeticiones. Las barras representan los errores estándar.

La tasa de crecimiento relativo (TCR) para las variables PS, D y L fue por lo menos diez veces mayor entre el cuaje y los 56 días posteriores que la TCR del período comprendido entre los 56 y 92 días post-cuaje. La TCR del período comprendido entre los 92 y 121 días post-cuaje fue por lo menos 5 veces mayor que la TCR del anterior período para las mismas variables antes mencionadas (cuadro 3). La TCR del PS entre el cuaje y los 71 días posteriores fue 8 veces mayor que la TCR del período comprendido entre los 71 y 92 días post-cuaje. La TCR del peso seco durante el período final (entre 92 y 121 días post-cuaje) fue 3 veces mayor a la del período anterior (cuadro 3).

Se encontró una relación curvilínea entre el peso fresco (X) y el peso seco (Y) de la fruta expresada por la siguiente ecuación: $Y = -0.415 + 0.418X - 0.0021X^2$ cuyo coeficiente de determinación (R^2) fue 0.97** (los componentes lineal y cuadrático fueron altamente significativos), la cual indica que los incrementos de peso fresco después de los 50 g/fruta son obtenidos sin incrementos notables del peso seco de la fruta (figura 5)

La concentración de los elementos minerales en el fruto, a excepción del sodio, disminuyó entre el cuaje y la maduración. Las concentraciones de calcio y magnesio disminuyeron en 74 y 65 %, respectivamente. La concentración de nitrógeno disminuyó

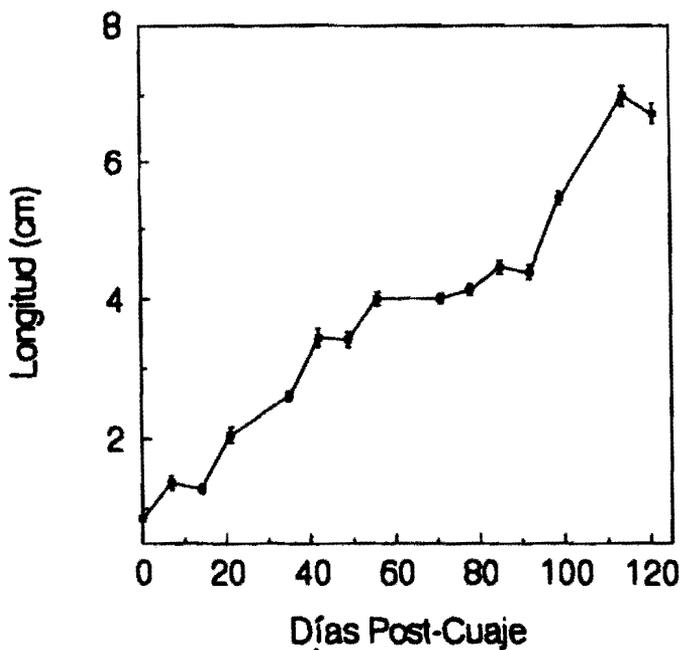


Figura 4. Crecimiento acumulado del fruto en longitud (cm) desde el cuaje hasta la madurez de consumo. Cada punto es el promedio de 15 repeticiones. Las barras representan los errores estándar.

en 53 %, mientras que las de fósforo y potasio disminuyeron en 36 y 20 %, respectivamente. La Concentración de sodio en el fruto aumentó en un 44 % entre el cuaje y la maduración, aunque éste aumento no fue estadísticamente significativo (cuadro 1). El porcentaje de materia seca del fruto disminuyó en un 35 % entre el cuaje y la maduración (cuadro 3). El %PS se mantuvo fluctuando alrededor de 26.6 ± 1.8 % durante los primeros 56 días después del cuaje, posteriormente se registró un incremento y lento manteniéndose alrededor de 36.3 ± 1.7 % hasta los 99 días post-cuaje para luego caer en forma drástica a 18.05 ± 0.86 % que

fue el promedio de los dos últimos muestreos (114 y 121 días post-cuaje, respectivamente) (figura 6).

El contenido de elementos minerales en el fruto aumentó sustancialmente entre el cuaje y la maduración, a pesar de la disminución en la concentración de estos elementos en el fruto entre las etapas fenológicas mencionadas (cuadro 2). La cantidad de elementos minerales contenida en 1000 kg de fruta fresca madura calculada en base a los datos de los cuadros 1 y 2 fue de 1.83 kg de nitrógeno, 1.62 kg de potasio, 0.90 kg de calcio, 0.39 kg de fósforo, 0.24 kg de sodio y 0.22 kg de magnesio.

Discusión

La duración del ciclo de crecimiento del fruto desde cuaje a maduración de consumo de 121 días obtenida en este estudio, fue similar a la obtenida por Dhillon *et al.* (9), para los cultivares, Allahaba Safeda y Sardar, durante la estación de lluvias en La India. Durante la estación de invierno los ciclos fueron ligeramente más largos de 130 a 140 días en los mismos cultivares, indicando la influencia retardante de las temperaturas más

bajas. González, (11), reportó un ciclo de 185 días para las condiciones templadas de Calvillo, México.

El peso fresco y la longitud del fruto obtenidos en este estudio coincidieron satisfactoriamente con lo reportado por Tong *et al.* (18), en la Planicie de Maracaibo. El diámetro del fruto en este estudio (5.7 ± 0.47 cm), sin embargo, resultó ser superior al obtenido por estos autores (3.98 ± 0.45 cm).

Cuadro 1. Concentración de minerales y materia seca del fruto en cuaje y maduración.

Fenofase	Concentración (%)						
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Ms
Cuaje	2.05 ^a	0.33 ^a	1.09 ^a	1.86 ^a	0.34 ^a	0.09 ^a	28.8 ^a
Maduración	0.98 ^b	0.21 ^b	0.87 ^b	0.48 ^b	0.12 ^b	0.13 ^a	18.0 ^b

Cada valor es el promedio de tres repeticiones. a, b: Medias seguidas de diferentes letras son estadísticamente ($P < .05$) diferentes.

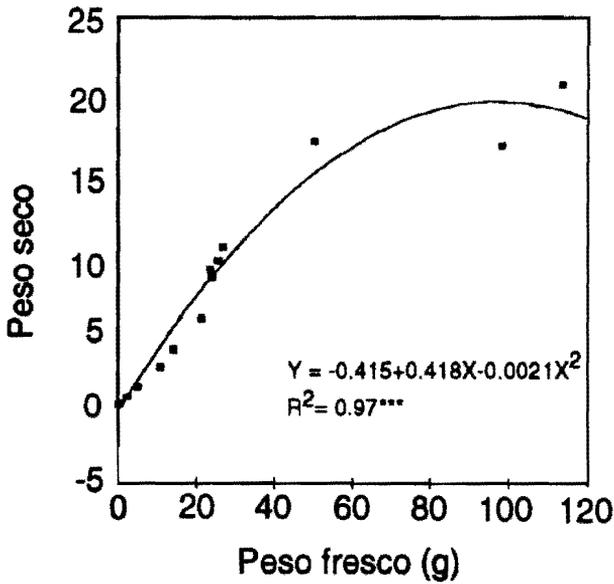


Figura 5. Relación entre el peso fresco y el peso seco del fruto. Los puntos representan frutos individuales cosechados durante todo el período del experimento.

Los resultados indican que el crecimiento de la fruta en cuanto a PF, PS, D y L, coincide con el patrón de crecimiento de doble sigmoide. Los resultados de Dhillon *et al.* (9), indican lo mismo para los cultivares Allahaba Safeda y Sardar en cuanto a PF, D y L. Coombe (8), señala que los límites de las etapas I, II y III de la curva doble sigmoide desafortunadamente se han establecido en forma

arbitraria en los diferentes estudios sobre crecimiento del fruto. El presente estudio no escapa del todo a esta consideración, sin embargo, la información sobre la TCR presentada en el cuadro 3, ofrece cierta sustentación a la definición de las tres etapas de la curva doble sigmoide.

Para el PF, D y L, la «etapa I» de la curva doble sigmoide del crecimiento del fruto estuvo enmarcada en

Cuadro 2. Contenido de minerales, peso fresco y peso seco del fruto en cuaje y maduración.

Días post-cuaje	mg/fruto						PF (g)	PS (g)
	N	P	K	Ca	Mg	Na		
0	1.8	0.24	0.97	1.65	0.3	0.075	0.311	0.089
121	207.3	44.40	184.00	101.60	25.4	27.500	113.400	21.160

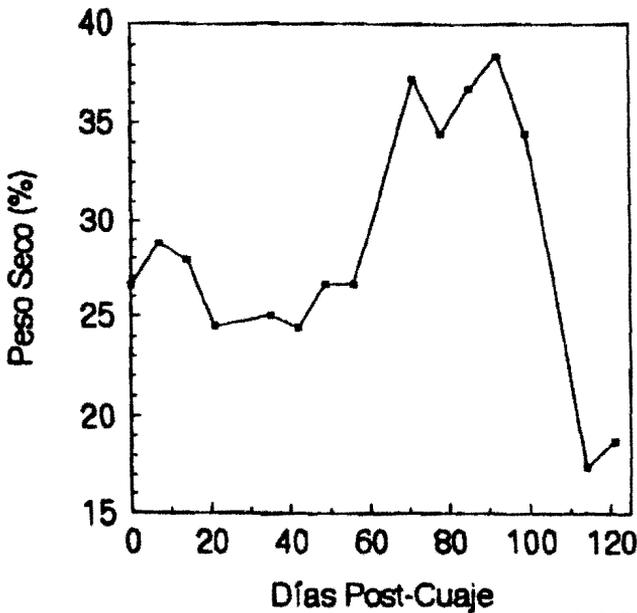


Figura 6. Fluctuación del porcentaje de peso seco del fruto desde el cuaje hasta la maduración de consumo. Cada punto es el promedio de 15 repeticiones. Se observan tres grupos de medias estadísticamente ($p < 0.05$) diferentes entre sí, entre 0 y 56, 71 y 99, y 114 y 121 días post-cuaje, respectivamente. El promedio de éstos grupos fué $26.6 \pm 1.8\%$, $36.3 \pm 1.7\%$ y $18.05 \pm 0.86\%$, respectivamente.

los primeros 56 días post-cuaje y para el peso seco se alargó 15 días más hasta los 71 días post-cuaje. Esta duración adicional de la «etapa I» para el PS coincidió con el incremento violento del %PS del fruto (figura 6), permitiendo suponer un rápido desarrollo de las semillas durante este período, lo cual tendría poca influencia sobre el aumento en tamaño y PF del fruto. Tukey (19) reportó que durante la etapa II de la curva de crecimiento del cerezo el embrión y el endospermo se desarrollaron rápidamente pero el ovario no se desarrolló en tamaño. El desarrollo de las semillas durante la etapa II del crecimiento de la guayaba

en PF fue también sugerido por Dhillon *et al.* (9).

El crecimiento dentro de la etapa I tiene dos componentes: la división celular, la cual comienza desde antes de la antesis y continúa hasta los primeros días después de cuaje, y la expansión celular, responsable del aumento en tamaño y peso más evidentes (8). La duración de la etapa I en este experimento (56 días) fue similar a la encontrada por Dhillon *et al.* (9), en el cv. Allahaba Safeda la cual fue de 50 días.

La «etapa II» de la curva doble sigmoide, caracterizada por una disminución notoria del crecimiento

Cuadro 3. Tasa de crecimiento relativo para el peso fresco, peso seco, diámetro y longitud durante períodos de tiempo seleccionados en base a la forma de las curvas de crecimiento acumulado para cada variable (Fig. 1, 2, 3 y 4). Notese que los períodos de tiempo fueron los mismos para peso fresco, diámetro y longitud. Para el peso seco solo se diferenciaron los 2 primeros períodos. La tasa de crecimiento relativo (TCR) se calculó utilizando una ecuación similar al siguiente caso específico del PF; $TCR = (\ln PF_2 - \ln PF_1) / (T_2 - T_1)$ de acuerdo con Beadle *et al.*, 1983.

Variable	Días post-cuaje		
	0-56	56-92	92-121
PF	0.076	0.006	0.050
D	0.036	0.003	0.017
L	0.027	0.002	0.015
	0-71	71-91	92-121
PS	0.065	0.008	0.024

(8), duró hasta los 92 días post-cuaje para todas las variables. Esto trajo como resultado que el %PS se mantuviera constante durante este período de receso después de haberse incrementado violentamente entre los 56 y 71 días post-cuaje. Los 36 días de duración de la etapa II en este experimento para el PF, D y L se comparan con los 30 a 40 días obtenidos por Dhillon *et al.*, (9), en los cvs. Allahaba Safeda y Sardar, respectivamente, para la misma etapa de la curva doble sigmoide.

La «Etapa III» de la curva doble sigmoide se enmarcó entre los 92 y 121 días post-cuaje para todas las variables estudiadas. El crecimiento durante ésta etapa depende principalmente de la expansión celular la cual es influida por la extensibilidad de la pared celular

y de la epidermis (y otras capas subyacentes) y por la turgencia de la célula generada por el flujo de agua hacia la misma (8). Durante ésta etapa ocurre simultáneamente la acumulación de solutos y de agua en la célula, básicamente en la vacuola (basado en las propiedades de permeabilidad del tonoplasto), la cual, provee espacio para el almacenamiento de solutos y la fuente de presión que actúa contra las paredes celulares causando turgencia y estiramiento del tejido (8). La etapa III en éste estudio fue más corta (29 días) que la obtenida por Dhillon *et al.* (9), (40-50 días) y caracterizada por un violento incremento en PF. Diferencias climáticas y varietales pudieran ser las responsables de este comportamiento desigual.

La relación curvilínea obtenida

entre el PF y el PS (figura 5) sugiere que el incremento en PF después de los 50 g/fruto, peso obtenido a los 99 días post-cuaje, fue debido casi exclusivamente al aumento en el contenido de agua del fruto. El %PS cayó abruptamente a aproximadamente 18 % después de los 99 días post-cuaje como consecuencia de lo anterior. Un porcentaje de peso seco similar (16.6 %) al momento de la maduración del fruto ha sido reportado previamente (22). Sin embargo, al comienzo de la Etapa III entre los 92 y 99 días post-cuaje, a pesar de que también se registraron aumentos notables en el tamaño del fruto (incrementos de 87, 24 y 24 %, en PF, L y D, respectivamente), el %PS se mantuvo en aproximadamente 36 % (figura 6), sugiriendo que durante ese lapso ocurrió una traslocación masiva de solutos hacia el fruto que permitió mantener el %PS en un nivel similar al de la Etapa II. De acuerdo con Coombe, (8), la acumulación de solutos en la célula depende de su expansión previa. Yusof y Mohamed, (20), mostraron un aumento casi constante en la concentración de fructosa y un repunte importante para sacarosa y ácido ascórbico al finalizar el ciclo del fruto bajo las condiciones de Vietnam, siendo el ciclo de esa guayaba más corto (112 días) que el de la Criolla Roja.

Durante la etapa III de la curva doble sigmoide el tamaño de la fruta pudiera reducirse por déficit hídrico (8) indicando la necesidad de una buena suplencia de agua.

Los resultados indican que el tamaño máximo del fruto es alcanzado a los 114 días después del cuaje,

coincidiendo con el inicio del cambio de color de verde a amarillo, antes de haber alcanzado su madurez final de consumo. Esta fecha pudiera considerarse como un momento óptimo de cosecha ya que sin comprometer el tamaño de la fruta y con una mínima pérdida de peso, permitiría cierto tiempo para su comercialización antes de alcanzar la madurez final de consumo asociada con el comienzo de un proceso rápido de deterioro y descomposición.

La disminución de la concentración de elementos minerales en la fruta durante su crecimiento es normal y se atribuye al efecto de dilución producto del aumento en la proporción de carbohidratos en la materia seca de la fruta (21). Sin embargo, el contenido total de elementos minerales aumentó con el crecimiento del fruto como resultado de una acumulación de materia seca proporcionalmente mucho mayor a la reducción de la concentración de minerales en la misma.

En este experimento, el aumento de la concentración de sodio con el incremento del tamaño del fruto, es una excepción al comportamiento normal, que puede estar asociado con la alta concentración de NaCl de las aguas de riego en esta región. Se ha reportado el incremento en la concentración de cloro (% sobre materia seca) de la pulpa de limones cv. Lisboa como resultado del incremento en la concentración de Cloro de la solución nutritiva en la que se mantenían las plantas (6). Diferentes partes de la planta, desde raíces hasta hojas y tallo mostraron una concentración de sodio superior en plantas de cítricas alimentadas con soluciones nutritivas enriquecidas con

sulfato de sodio (30 meq/L) en comparación con el tratamiento control (sin sodio) (7).

La cantidad de elementos minerales contenidos en 1 000 kg de fruta fresca es una forma de expresar la extracción de nutrientes causada por la cosecha de fruta, aspecto básico para definir la fertilización por restitución (4). La extracción de nutrientes por tonelada de fruta fresca de guayaba obtenida en este estudio fue superior a la obtenida por Hiroce *et al.* (12) quienes reportaron una extracción de 1.32, 0.078 y 0.365 kg de N, P y K, respectivamente. Smith y Reuther, 1953 (17) calcularon para naranja una extracción equivalente en kg por 1 000 kg de fruta fresca de 1.18, 0.265, 2.55, 1.04, 0.19 y 0.18, para N, P, K, Ca, Mg y Na, respectivamente. Para el aguacate, Avilan, *et al.*, (3), reportaron

una extracción (kg/t de fruta fresca) de 2.78, 0.379 y 1.73 para N, P y K, respectivamente. Igualmente para el mango, Laborem, *et al.*, (14), reportaron una extracción de 1.44, 0.041 y 0.653 kg/t de N, P y K, respectivamente. Las cantidades de elementos nutritivos extraídas por cosecha pueden variar dependiendo del frutal y de las condiciones de crecimiento, fertilidad del suelo, aplicación de fertilizante, etc, por lo que algunas diferencias pudieran encontrarse. En este estudio, las altas extracciones registradas para N, K y Ca, tomando en cuenta la baja fertilidad de los suelos de la Planicie de Maracaibo, sugieren una especial consideración sobre la intensidad de uso de estos elementos en los programas de fertilización en esta región.

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados de este estudio muestran que el crecimiento del fruto de la guayaba «Criolla Roja» coincide con el patrón de doble sigmoide. La longitud global del ciclo así como la de las etapas I y II de la curva doble sigmoide concuerdan satisfactoriamente con los resultados de otros estudios. Sin embargo, la etapa III fue un poco más corta y exhibió un violento incremento en peso fresco en el presente estudio.

La extracción de los principales macronutrientes resultó ser similar o

ligeramente superior a la reportada anteriormente para guayaba y otras frutas, indicando que bajo las condiciones de suelo de baja fertilidad de la Planicie de Maracaibo, para obtener producciones altas y sostenidas de buena calidad, sería necesario mantener aplicaciones de estos nutrientes a través de un programa de fertilización por restitución, sobre todo de elementos como el calcio, que generalmente aparecen en bajas concentraciones o están ausentes en los fertilizantes comerciales comúnmente utilizados.

Literatura citada

1. Añez, D. y M. Valbuena. 1979. Consecuencias del mal manejo de los suelos de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 5(1): 386-402
2. A.O.A.C. 1975. Official methods of analysis. 10th Edition. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.
3. Avilan, L. 1978. Suelos para frutales. En primer curso sobre fruticultura tropical. Maracay. Fondo de Desarrollo Frutícola. pag 6.
4. Avilan, L., F. Leal. 1984. Suelos y fertilizantes para frutales en el trópico. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Caracas, Venezuela.
5. Beadle, C.L. 1983. Plant growth analysis. En: Techniques in bioproductivity and photosynthesis. 2dn Edition: Editores: Coombs J, D.O. Hall, S. Plung, J.M.O. Scurlock. Pergamon Press 1985. United Nation Environment Program. p 20-25.
6. Brusca, J.N., y A.R.C. Hass. 1956. Growth of citrus as affected by chlorine absorption. Calif. Citrus. 12(3): 11-12.
7. Chapman, H. D. 1968. The Mineral Nutrition of Citrus. In: W. Reuther, L. D. Batchelor y H. J. Webber (Eds.). The Citrus Industry. Vol. II. University of California, Division of Agricultural Sciences. pp. 127-274.
8. Coombe, B.G.,. 1976. The development of fleshy fruits, Ann. Rev. Plant Physiol. 27:507-28.
9. Dhillon, B.S., S.N.Singh y S.S. Gill. 1987. Developmental physiology of guava (*Psidium guajava* L.). The Punjab Horticultural Journal.
10. Ewel, J.J y A. Madriz. 1968. Zonas de vida de Venezuela, memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Caracas. Ministerio de Agricultura y Cria.
11. González, G. 1985. Tabla de vida del fruto de guayabo en la región de Calvillo-Cañones, INIA-SARH-CIANOC-CAEDEEC, México mim. 26p.
12. Hiroce, R., A. de Carvalho; C. Bataglia; P. Furlani; R. Dos Santos y J. Gallo. 1977. Composicao mineral du frutos tropicais na colheita. Bragantia 36(14):155-164.
13. Kramer, P.J, y Kozlowski, T.T. 1979. Physiology of woody plants. Academic Press Inc. Orlando, Fl.
14. Laborem, G.,L. Avilan y M. Figueroa. 1979. Extracción de nutrientes por una cosecha de mango (*Manguijera indica* L.). Agron. Trop. Maracay 29(1):3-15.
15. Morales, D. 1977. Caracterización física de los suelos bajo el cultivo de la vid (*Vitis vinifera*L). Boletín Técnico No 3. FONAIAP. Maracaibo.
16. Rathore, D.S. 1976. Effect of season on the growth and chemical composition of guava, Hort. Abst. 46(7): 7204.
17. Smith, P. F., W. Reuther, and K. Scudder. 1953. Effect of differential supplies of nitrogen, potassium and magnesium on growth and fruiting of young Valencia orange trees in sand culture. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61:38-48.
18. Tong, F., D. Esparza, y D. Medina. 1991. Variabilidad en poblaciones de guayaba (*Psidium guajava* L) del municipio mara del estado Zulia. Rev de Agronomia (LUZ) Vol.8 (1): 15-27.
19. Tukey, H. B. 1935. Growth of the embryo, seed, and pericarp of the sour cherry (*Prunus cerasus*) in relation to season of fruit ripening. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 31: 125-144.
20. Yusof S. and S. Mohamed, 1987. Physico-chemical changes in guava (*Psidium guajava* L) during development and maturation. J. Food Sci. Agric. 38: 31-39.
21. Williams, L. E., and P. J. Biscay. 1991. Partitioning of dry weight, nitrogen and potassium in Cabernet Sauvignon grapevines from anthesis until harvest, Am. J. Enol. Vitic. Vol. 42 (2).
22. Wilson, III, C. W. 1980. guava. pp 279-299, en: S. Nagy KP. E. Shaw. Tropical and Subtropical Fruits: composition, properties and uses. AVI publ. Co., Wesport, CT.