

CARACTERIZACION FISIOLÓGICA DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL FRUTO DE MANGO (*Mangifera indica* L.) VARIEDAD VAN DYKE EN EL MUNICIPIO DE EL ESPINAL

Physiologic characterization of the growth and development of the mango (*Mangifera indica* L.) variety Van Dyke in the municipality of Espinal

Jesús Antonio Galvis V.¹, Harvey Arjona D.² y Ricardo Martínez B.³

RESUMEN

El estudio se realizó en la finca Frutol del Municipio de El Espinal, departamento del Tolima, situado a una altura de 431 m.s.n.m., con precipitación, temperatura y Humedad Relativa promedio anual de 1.368 mm / año, 29°C y 70%.

Se realizó el seguimiento de los cambios ocurridos durante el crecimiento y desarrollo del mango Variedad Van Dyke, desde la antésis hasta la madurez fisiológica: Diámetros longitudinal, transversal, el volumen, la gravedad específica, el peso fresco y seco, color de la corteza y de la pulpa y la Intensidad Respiratoria. El diseño experimental empleado fue completamente al azar.

Se estableció que el tiempo que transcurre desde la antésis hasta alcanzar la madurez fisiológica es de 90 días. El crecimiento del fruto es de tipo Sigmoidal Simple. Se identificaron 3 etapas durante el crecimiento. El análisis de regresión permitió establecer modelos lineales para las características físicas.

El fruto presentó alta intensidad respiratoria en los primeros días del crecimiento y fue disminuyendo hasta alcanzar valores mínimos al final de la etapa de crecimiento. Hubo una alta correlación inversa entre la I.R. y las variables físicas medidas.

Palabras Clave: *Mangifera indica* L., fisiología, intensidad respiratoria, índices de madurez, estados de desarrollo.

SUMMARY

The study was carried out in the Frutol orchard of the Espinal, department of Tolima, located at 431 m.a.s.l., with average rainfall of 1368 mm/year, average temperature of 29°C and 70% relative humidity.

Changes were observed during growth and development of mango c.v. Van Dyke, from anthesis to the phy-

siologic maturity. Physical changes evaluated in the fruit were longitudinal and transverse diameters, volume, specific gravity, fresh and dried weight, skin and pulp color and respiration intensity (I.R.). A completely randomized design was followed.

The study showed that the period from anthesis to physiologic maturity is of 90 days. Fruit growth follows a sigmoidal curve. Three stages were identified during growth. Regression analysis allowed to establish lineal models for the physical characteristics.

Fruits show a high respiratory intensity at the beginning, which decreased to minimum values at the end of growth. There was reverse correlations between the respiratory intensity and the physical variables.

Key words: *Mangifera indica* L., physiology, respiration, intensity, indexes of maturity, states of development.

INTRODUCCION

En Colombia, la Costa Atlántica y los valles interiores de los ríos Cauca y Magdalena, presentan condiciones favorables de clima y suelo para el cultivo del mango, que permiten obtener, con adecuado manejo, frutos de alta calidad. Además, la situación geográfica del País y los ciclos de producción del mango, permiten obtener 2 cosechas al año, de las cuales, la de Noviembre - Febrero, presenta grandes ventajas ya que los países de mayor producción del hemisferio norte no tienen fruta para abastecer el mercado internacional (Reina, 1990; Lagos, 1990).

Dentro de las variedades mejoradas de mango que se cultivan en el país, se encuentra la variedad Van Dyke, originaria de la península de la Florida. Cartagena y Vega (1990) y Knight (1997) describen la fruta de mango variedad Van Dyke como de tamaño mediano, con peso que varía entre 250 y 520 g., de forma oval. La piel es amarilla con matices rojos y numerosas lenticelas amarillas. La pulpa es firme con poca fibra, de color ama-

¹ Fecha de recepción 5 de agosto de 2002
² Aceptado para publicación 16 de diciembre de 2002.

¹ Ing Agrícola, PhD, Profesor Asociado, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos -I.C.T.A.- de la Universidad Nacional de Colombia, e-mail: agalvisva@latinmail.co.

² Ing Agrónomo, PhD, Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia.

³ Ing Agrónomo, PhD, Coordinador Programa Nacional de Biometría, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-.

rillo-naranja, exquisito aroma y agradable sabor. Por su tamaño mediano, su color y su sabor característico, tiene alto potencial para irrumpir en los mercados de Europa, especialmente en el mercado Alemán.

El objetivo de este estudio fue caracterizar el crecimiento y desarrollo del fruto de mango variedad Van Dyke, en las condiciones de manejo que el cultivador viene realizando.

Se determinaron los diámetros longitudinal y transversal mayor, su volumen, sus pesos fresco y seco, la gravedad específica y la intensidad respiratoria. Además, se delimitan y caracterizan las fases de desarrollo del fruto. Finalmente, se fijan algunos parámetros fáciles de medir de manera cualitativa y cuantitativa que permitan distinguir momentos oportunos de cosecha.

MATERIALES Y METODOS

Se seleccionaron 12 árboles de la variedad Van Dyke con edad promedio de 10 años, en floración de mitad de año. De cada árbol se marcaron 14 panículas. Se tomó como inicio del ensayo el momento en el cual las 14 panículas presentaron alrededor del 50% de flores fecundadas. A este estado se le denominó estado 2 (E 2).

$$r_{1-2} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

El crecimiento medio relativo (r) se calculó con base a la siguiente ecuación (Lagos, 1990):

Donde:

- r_{1-2} = Velocidad relativa promedio de crecimiento en el período 1 - 2.;
- W_2 = Peso en gramos en el tiempo 2;
- W_1 = Peso en gramos en el tiempo 1;
- $t_2 - t_1$ = Intervalo de tiempo.

El muestreo se hizo tomando de cada árbol 2 frutos. Las muestras fueron transportadas al laboratorio de Postcosecha de la Planta Piloto de Vegetales del ICTA, para realizar las determinaciones. El intervalo para la toma de muestras y para la medición de las características físicas y fisiológicas fue de 10 días.

Análisis estadístico

Los valores obtenidos de ΦL , ΦT , PFT, PST, VOL Y GE se sometieron a análisis de regresión múltiple y se propusieron modelos de tipo polinomial para explicar el crecimiento del fruto de la variable medida en función del tiempo. La estimación de los modelos se realizó mediante el programa SAS (6.2) y para su selección se tuvo como criterio el r^2 y la significancia estadística de cada término dentro del modelo.

Entre las diferentes variables medidas se determinaron correlaciones para establecer el tipo de relación y su intensidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de crecimiento

Diámetros longitudinal y transversal

Los diámetros longitudinal y transversal siguieron una curva de crecimiento sigmoideal simple (Fig.1). Las ecuaciones encontradas para cada diámetro fueron:

$$\begin{aligned} \Phi L &= 2.124 + 0.090D & r^2 &= 0.734 \\ \Phi T &= 1.695 + 0.0627D & r^2 &= 0.692 \end{aligned}$$

En los primeros 30 días de crecimiento el aumento de los diámetros longitudinal y transversal fue lento.

Este comportamiento fue similar al reportado por Wang y Shiesh (1990) para la variedad Irwin y por Lagos (1990), para las variedades Tommy Atkins y Kent. Chaco (1986) y Chaco Y Cole (1999), afirman que el crecimiento del mango se caracteriza por ser lento al inicio, posteriormente, en la 3 ó 4 semana inicia un crecimiento rápido hasta unas 3 ó 5 semanas antes de alcanzar su madurez fisiológica.

El comportamiento de las tasas de crecimiento de los diámetros longitudinal y transversal fue creciente entre los días 10 y 50 y decreciente entre los días 51- 90.

Pesos fresco y seco totales

Los pesos fresco y seco siguieron una curva de crecimiento sigmoideal simple (Figura 2). Reina (1990), Lagos (1990), Tsu-Tsuen (1990), Núñez (1986), reportan para mangos de las variedades Tommy Atkins, Kent, Irwin, Haden y Manila, un comportamiento similar en los pesos fresco y seco y diámetros longitudinal y transversal.

Aunque el patrón de crecimiento es similar, hay diferencias grandes en las dimensiones y en los tiempos de crecimiento de las diferentes variedades reportadas.

Los factores que más influyen en el tiempo de crecimiento, así como en el tamaño final y características del fruto son la variedad y las condiciones ambientales donde crece el mango (Wolstenholme y Whiley, 1995).

Las ecuaciones encontradas para las 2 variables fueron:

$$\begin{aligned} PFT &= - 1.927 - 1.2738t + 0.045t^2 & r^2 &= 0.9762 \\ PST &= - 5.045 + 0.0132t + 0.0057t^2 & r^2 &= 0.9716 \end{aligned}$$

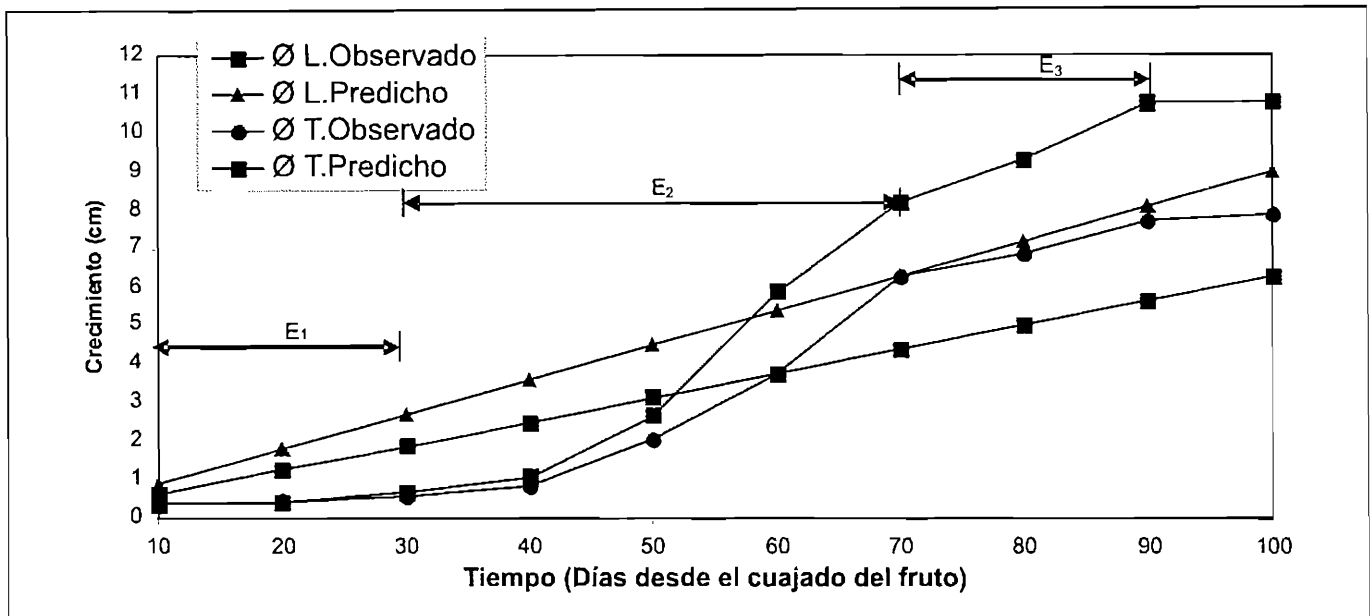


Figura 1. Curvas de crecimiento de los diámetros longitudinal y transversal del mango Van Dyke.

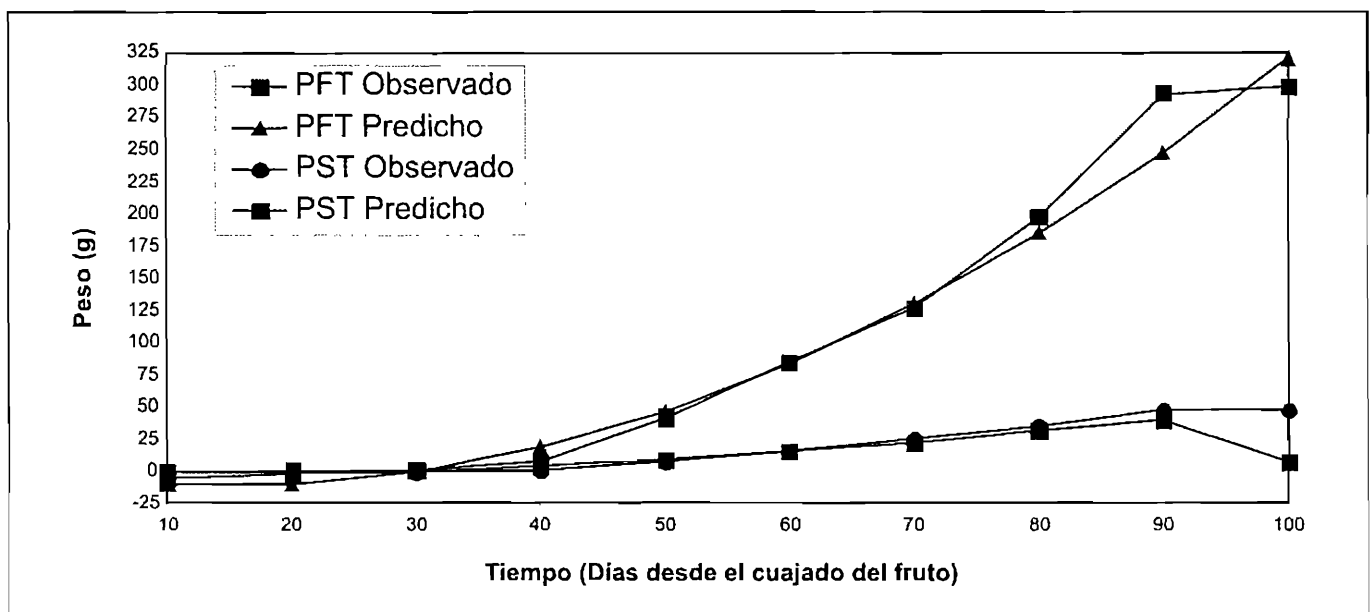


Figura 2. Curvas de crecimiento de peso fresco (g) y peso seco (g) del mango Van Dyke.

La tasa relativa de crecimiento del peso fresco fue ascendente durante los primeros 30 días; del día 31 hasta el día 100, la tendencia de la tasa relativa de crecimiento fue descendente.

La tasa relativa de crecimiento del peso seco presentó tendencia ascendente entre el día 20 y el día 30, y descendente en el resto del período de crecimiento.

Según Lagos (1990) y Reina (1990), las tasas relativas de crecimiento miden la proporcionalidad del crecimiento, por lo tanto un período altamente crítico en el

desarrollo del mango Van Dyke se presentará durante los primeros 50 días, cuando las tasas de crecimiento para los diámetros longitudinal, transversal y los pesos fresco y seco presentaron períodos ascendentes.

Volumen

El volumen del fruto aumentó a lo largo del período de crecimiento y siguió una curva sigmoideal simple al igual que las otras variables (Fig. 3). El aumento se puede expresar por un modelo cuadrático, cuya ecuación es:

$$\text{Vol} = -25.97514 - 0.07837t + 0.03431t^2 \quad r^2 = 0.9652$$

El modelo presenta un r^2 alto y explica satisfactoriamente el crecimiento del volumen a partir del día 30.

El volumen del fruto presentó valores mayores al peso fresco hasta el día 80; en el día 90, el valor del volumen fue inferior al peso fresco y continuó siendo inferior en el día 100.

Gravedad específica (GE)

La gravedad específica tendió a aumentar a lo largo del crecimiento del fruto. Desde 10 días después de la antésis hasta el día 80, su valor fue inferior a 1.00. En el día 90, la GE alcanzó un valor de 1.03 que coincidió con los valores más altos de los diámetros longitudinal, transversal, peso fresco total, peso seco total, y la menor intensidad respiratoria. Mendoza y Wills (1989), Lagos (1990), Reina (1990) y Chaco y Cole (1989), encontraron que cuando la gravedad específica alcanza un valor alre-

dor de 1.00, el mango está en madurez fisiológica. Para el día 100, el valor de la GE disminuyó, lo cual indica que el fruto está madurando.

Intensidad respiratoria (I.R.)

En los primeros 20 días del crecimiento, los frutos presentaron tasas altas de respiración (Figura 4), que corresponden a estados muy jóvenes del desarrollo del fruto; pero a medida que aumentan el tamaño y el peso del fruto, la Intensidad respiratoria disminuye hasta alcanzar un valor de 32.21 mg. CO₂ / Kg.-h en el día 90. Posteriormente, se inicia de nuevo un ascenso y para el día 100 alcanza un valor de 52.90 mg. CO₂ / Kg.-h. Comportamiento similar presentaron mangos de la variedad Kent, durante el período de crecimiento, cultivados en la misma región, aunque la I.R. fue menor (Reina, 1990). Esto podría explicar el menor tiempo de crecimiento presentado por los mangos de la variedad Van Dyke, ya que la I.R., es un indicativo de la velocidad de los procesos metabólicos.

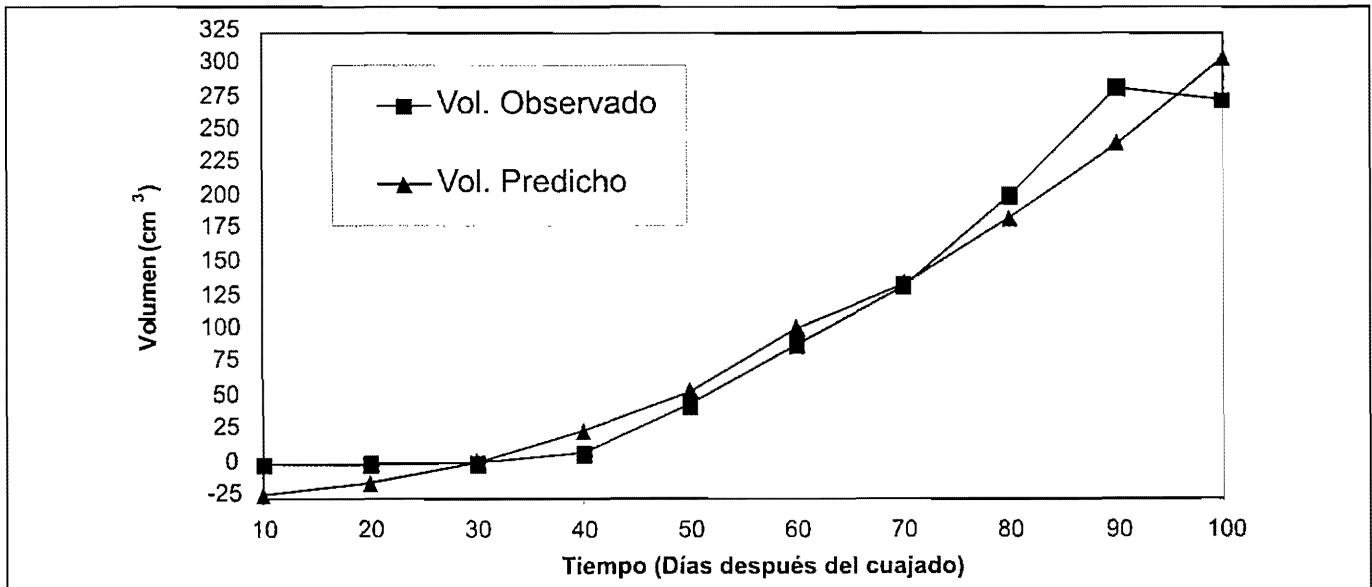


Figura 3. Curvas de crecimiento del volumen (cm³) del mango Van Dyke

Etapas de crecimiento

En el crecimiento del mango Variedad Van Dyke se identificaron 3 etapas (Figura 1). La etapa 1 (E1) va desde la antésis hasta el día 30 y se caracteriza por un crecimiento lento. El aumento de los diámetros longitudinal y transversal y el peso es posiblemente una consecuencia de la división celular. La corteza del fruto al final de ésta fase es de color verde oscuro y la pulpa de color blanco. La I.R. fue alta al inició, 1083 mg. CO₂ /K-h y descendió hasta 385 mg. CO₂ / K-h en el día 30.

La etapa 2 (E2) va desde el día 31 hasta el día 70 y se caracteriza por el crecimiento rápido de los diámetros y del peso. En la superficie aparecen coloraciones rojas y la pulpa se torna de color blanco hueso. Según Grange

(1993), el crecimiento del fruto durante esta etapa se debe al proceso de expansión celular.

Finalmente, la etapa 3 (E3) va desde el día 71 hasta el día 90 y se caracterizó por un crecimiento lento de sus diámetros y el peso. Además, el fruto alcanzó al final de esta etapa su forma definitiva. La I.R. continuó disminuyendo hasta alcanzar el valor mínimo (32 mg. CO₂ / K-h) en el día 90. El color de la corteza al final fue verde mate con coloraciones rojas y la pulpa presentó coloración blanco hueso con alguna pigmentación amarillo pálido.

El comportamiento presentado por el mango Van Dyke en su crecimiento fue similar al reportado para mangos de las variedades Tommy Atkins, Kent e Irwin (Lagos, 1990; Reina 1990; Wang y Shiesh, 1990).

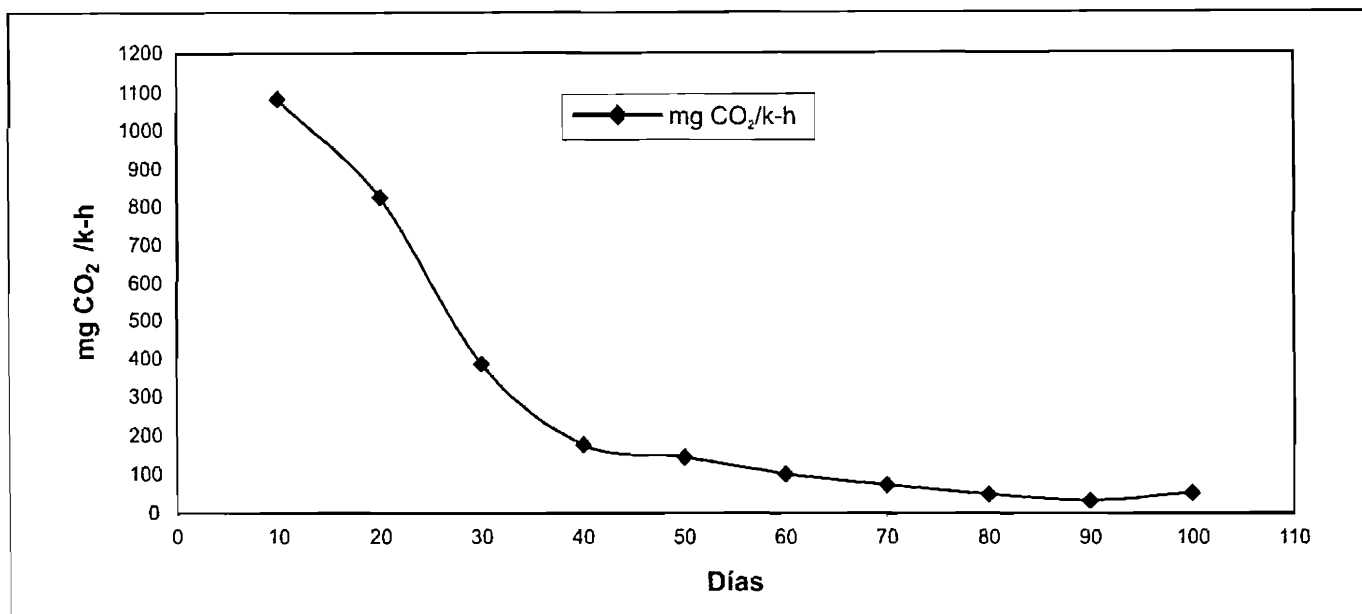


Figura 4. Intensidad respiratoria durante el crecimiento y desarrollo del mango variedad Van Dyke.

Correlaciones entre variables

Las correlaciones altamente significativas entre las principales variables se presentan en la tabla 1.

Se presentaron correlaciones directas, altamente significativas ($C_p < 0.01$) entre las siguientes variables: Peso fresco total y peso seco total; peso fresco total y diámetro longitudinal; peso fresco total y diámetro transversal; peso seco total y diámetro transversal; peso fresco total y volumen; peso fresco total y gravedad específica; Diáme-

tro longitudinal y Diámetro transversal; Diámetro longitudinal y volumen; Diámetro transversal y volumen; Diámetros longitudinal y transversal y gravedad específica. Por el contrario las correlaciones entre las variables físicas y la intensidad respiratoria fueron inversas.

Estos resultados indican que las variables peso fresco y peso seco del fruto; diámetro longitudinal y transversal; volumen y gravedad específica, son medidas adecuadas para expresar el crecimiento del fruto.

Tabla 1: Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables físicas y la intensidad respiratoria. Probabilidades y número de observaciones.

	PFT	PST	I.R
ΦL	0.91736 < 0.0001 100	0.91755 < 0.0001 100	-0.71096 < 0.000 127
ΦT	0.92155 < 0.0001 100	0.91426 < 0.0001 100	-0.67102 < 0.0001 30
Vol	0.99957 < 0.0001 30	0.98844 < 0.0001 30	-0.56226 < 0.0001 30
GE.	0.90594 < 0.0001 30	0.93182 < 0.0001 30	-0.58185 < 0.0007 30
PFT			-0.55458 < 0.00015 30
PST	0.98712 < 0.0001 100	- - -	-0.53789 < 0.0022 30

La relación alta encontrada entre las variables físicas y la intensidad respiratoria indica que la IR también puede expresar el estado de desarrollo del fruto.

Momento oportuno de cosecha

De acuerdo con los resultados de esta investigación y considerando algunos de los criterios expuestos por diferentes autores para determinar el momento oportuno de cosecha que permita al fruto culminar su proceso de maduración, se escogieron los siguientes parámetros:

Intensidad respiratoria

Cuando la tasa promedio de respiración se encuentre en su valor mínimo, estará indicando que el fruto se encuentra en su grado de madurez fisiológica. El valor de la intensidad respiratoria mínimo presentado por el mango Van Dyke fue de 32.21 mg. de CO₂ /Kg.-h en el día 90 después de la antésis. Se puede sugerir, que alrededor del día 90, el mango Van Dyke ha alcanzado su madurez fisiológica y puede ser cosechado para que madure hasta la madurez organoléptica o de consumo.

Color de la piel

Al final del período de crecimiento, una cara de la corteza del mango Van Dyke presenta color rojo oscuro y la otra color verde claro. Con el avance de la maduración del fruto la coloración roja oscura va disminuyendo y la coloración verde va desapareciendo a coloración amarillo.

Gravedad específica

Cuando el mango Van Dyke alcanza la madurez fisiológica, la gravedad específica tiene un valor de 1.03 g. / cm³, alrededor del día 90. Del día 90 en adelante, la gravedad específica continúa con valores superiores a 1.03.

Levantamiento de los hombros

Entre el día 80 y el día 90, fue observado en el fruto hundimiento del pedúnculo y levantamiento de los hombros. Este criterio junto con el desarrollo de un pico protuberante a un lado del pedúnculo, característico en el mango Van Dyke, podría ser tomado como criterio de cosecha en grado de madurez fisiológica.

Días transcurridos

Finalmente, otro criterio a tener en cuenta, puede ser el tiempo transcurrido desde la antésis hasta la formación completa del fruto, el cual fue entre 80 y 90 días.

CONCLUSIONES

Del presente estudio se puede concluir que el crecimiento del mango Variedad Van Dyke es de tipo Sigmoidal Simple, lo cual significa que el crecimiento del exocarpio, mesocarpio y endocarpio es permanente.

El período de crecimiento del fruto desde la antésis hasta alcanzar la madurez fisiológica fue de aproximadamente 90 días en las condiciones del municipio de El Espinal.

El crecimiento para las variables físicas (diámetros longitudinal, transversal, volumen, peso fresco, y peso seco) puede ser expresado por modelos lineales y polinomiales de segundo grado con coeficientes de los términos altamente significativos y el r² superior al 70%

Durante el período de crecimiento y desarrollo el fruto presenta 3 etapas bien definidas: La etapa 1 (E₁) de lento crecimiento, con un tiempo de duración de alrededor de 30 días; la etapa 2 (E₂) de crecimiento rápido, con tiempo de duración de 45 días; y, la etapa 3 (E₃) con tiempo de duración de 15 a 20 días, de crecimiento lento y donde el fruto adquiere sus características de forma y tamaño definitivos. Al final de esta etapa el mango alcanzó su madurez fisiológica.

La Intensidad respiratoria del fruto se caracteriza por ser alta durante la etapa de división celular (E₁) y luego presentar disminución acelerada durante los estados 2 y 3. Al final del E₃, el fruto presentó su menor I. R., coincidiendo con el grado de madurez fisiológica.

El punto de cosecha puede ser estimado por el valor más bajo de la Intensidad Respiratoria; los diámetros longitudinal y transversal; Color de la piel; gravedad específica; levantamiento de los hombros y días transcurridos desde la antésis.

LITERATURA CITADA

- CHACKO, E. K., 1986. Physiology of vegetative and reproductive growth in mango (*Mangifera indica* L) trees. Proceedings of the 1st Australian Mango Research Workshop. CSIRO, Melbourne, p. 54 - 70.
- CHACKO, E. K. & S. P. COLE, 1989. Studies on growth and reproduction in mango (*Mangifera indica* L). In: Research Directory 1989. Tropical Ecosystems Research Center, Darwin, p. 60 - 61.
- GRANGE, R. I., 1993. Crecimiento del fruto. En: Fisiología y bioquímica vegetal interamericana. Mc. Graw-Hill. p. 449 - 455.
- KNIGHT, R. J., 1997. Important mango cultivars and their descriptors. In: The Mango: Botany, Production and uses. Edited by CAB. International, p. 545 - 565.
- LAGOS, E. 1990. Análisis del crecimiento del fruto y determinación del momento óptimo de cosecha para las variedades de mango Tommy Atkins y Kent y su comportamiento en maduración controlada. Tesis de Magister Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia.

- MENDOZA Y WILLS D. B. & R. B. H. WILLS 1989. Mango : Fruit Development, Postharvest Physiology and Marketing in Asia. Edited by D. B. Mendoza y Wills and R.B.H. Wills. P. 24 - 27.
- NUÑEZ-ELISEA R. 1986. Producción temprana de mango " Haden " y " Manila " con aspersiones de nitrato de potasio. SARH-INIFAR - CIAPAC, Campo Agrícola Experimental Tecoman. Folleto para productores No. 8.
- REINA, C. 1990. Análisis del crecimiento del fruto y determinación del punto óptimo de cosecha para las variedades de mango Tommy Atkins y Kent, y su comportamiento en maduración controlada en el Municipio del Guamo. Tesis de Magíster en fitotecnia. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia.
- WANG, F., A. G. SMITH, & M. L. BRENNER, 1993. Sucrose Synthase, Starch accumulation and tomato fruit sink strength. *Plant Physiology*, 101: 321-327.
- WANG, T. & C. SHIESH, 1990. Fruit growth, development and maturity Indexes of "Irwin" mango in Taiwan. *Acta Horticulturae* 269: 189 - 197.
- WHILEY, A. W., T. S. RASMUSSEN, J. B. SARANAH & B. N. WOLSTENHOLME. 1989. Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in ten mango (*Mangifera indica* L) cultivars. *Journal of Horticultural Science* 64: 753 - 765.
- WOLSTENHOLME, B. N. & A. W. WHILEY, 1995. Ecophysiology of the mango tree as a basis for pre-harvest management. Mango 2000 - Marketing Seminar and Production Workshop Proceedings. Department of Primary Industries, Brisbane.