

CARACTERIZACION FISICOQUIMICA Y FISIOLÓGICA DEL FRUTO DE MARACO (*Theobroma bicolor* H.B.K.) DURANTE SU DESARROLLO*¹

Physicochemical and physiological characterization of the fruit of macaro (*Theobroma bicolor* H.B.K.) during its development

María Soledad Hernández G.² Adriana E. Casas F.³ Orlando Martínez W.⁴ Jesús A. Galvis V.⁵

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar fisiológicamente el desarrollo y la maduración del fruto de maraco y encontrar parámetros que permitan su adecuado manejo en pre y poscosecha. Las muestras de los frutos requeridos para el trabajo procedieron del Centro Experimental El Trueno del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Los análisis de laboratorio se llevaron a cabo en el Laboratorio de Postcosecha de la Planta de Vegetales del ICTA de la Universidad Nacional. Para alcanzar los objetivos se determinaron los cambios fisiológicos y fisicoquímicos más

importantes durante la fase reproductiva del cultivo, estableciéndose la curva del patrón respiratorio y las variaciones de pH, acidez (% Acido cítrico), grados brix (%), azúcares reductores y totales (mg glu/100 g pulpa), vitamina C (mg Acido ascórbico/100g pulpa) e índice de madurez. La fase de madurez comercial se contempló desde los 83 días, donde la respiración mostró valores muy bajos; sólo a los 113 días, al finalizar el estudio se observó un incremento de la intensidad respiratoria, condición característica de los frutos climatéricos. Este comportamiento estuvo acompañado de un ascenso del pH y descenso de la acidez; hubo un aumento significativo de los grados brix y azúcares reductores y totales.

Palabras claves: Fisiología postcosecha, manejo postcosecha, índices de madurez.

SUMMARY

This study was carried out to characterize the physiological development and maturity of maraco fruit in order to determine an adequate harvest and postharvest handling of the fruit. It was measured the physiological and physicochemical changes during the reproductive stage of the plant. It was determined a respiratory curve of either pH, acidity, brix, reduced and total sugars, vitamin C and maturity index variations. The commercial ripening stage was considered from 83 day, where the respiratory intensity

* Recibido en Septiembre de 1998

1 Este trabajo hace parte de las investigaciones del convenio Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI - y el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA de la Universidad Nacional de Colombia.

2 Investigadora Principal Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- SINCHI-. Convenio SINCHI-ICTA de la UNAL

3 Ingeniera agrónoma. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá

4 Profesor Titular. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá.

5 Profesor Asociado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos - ICTA- de la Universidad Nacional. Investigador Convenio SINCHI - ICTA.

showed the lowest value to the day 113. At this point it was observed an increase of the respiratory intensity, indicative of the climateric condition of maraco's fruit. This behavior was also accompanied with an increase in pH, brix and total and reduced sugars.

Key words: Postharvest physiology, postharvest handling, maturity index.

INTRODUCCION

El maraco es una cápsula voluminosa de diversos tamaños, su peso fluctúa entre 300 y 4000 g y las formas varían desde redondeadas hasta ovaladas. La corteza puede ser reticulada o lisa de color amarillo, cuando madura. Las numerosas semillas están rodeadas por una pulpa blancuzca o amarillenta de olor fuerte y sabor agrídulce. Nutricionalmente el maraco se destaca por su alto contenido de proteína y de carbohidratos (cuadro 1).

La pulpa presenta un aroma entre papaya y guayaba, los indígenas consumen la pulpa que rodea las semillas de los frutos maduros. En la costa pacífica la emplean para elaborar bebidas refrescantes. Las semillas se comen cocinadas en caldos y con otros alimentos; en Tumaco (Nariño) ahuman o «moquean» las semillas en el fogón para ser comidas como una rica nuez, también las tostan para hacer chocolate el cual denominan «bacalate»; algunos acostumbra a prepararlo previa mezcla con *Theobroma cacao*. La pulpa y semilla de frutos inmaduros se consumen como fruta jugosa (Castañeda, 1983).

La maduración de frutos puede ser definida como la consecuencia de cambios en color, sabor y textura y que los fenómenos asociados con la maduración implican una pérdida de clorofila, aparición de otros pigmentos, cambios en la acidez, astringencia, dulzor, cambios en ácidos orgánicos, fenoles, azúcares y compuestos volátiles y, por último, cambio en la textura del fruto como consecuencia de los cambios químicos de la pared celular que conducen al ablandamiento y separación de células. Además, hay cambios en la actividad respiratoria, en donde se puede establecer por aumentos en ella en un momento crítico de la maduración, si los frutos son climatericos o no (Pantástico, 1981; Wills et al., 1984; Barcello y Sabater, 1985).

Actualmente los indígenas cultivan el maraco para el autoconsumo, pero, considerando sus características agronómicas, se hace necesario desarrollar tecnologías que faciliten su producción comercial dentro del criterio de sostenibilidad de la Amazonía, lo cual permitirá su vinculación a la economía de mercado generando excedentes para el desarrollo regional.

Uno de los estudios de mayor importancia para iniciar el conocimiento del adecuado manejo de la especie es la determinación del momento óptimo de cosecha de los frutos, ya que en la actualidad son recolectados cuando han caído al piso, ocasionando con ello grandes pérdidas por ataques de insectos y hongos que deterioran su calidad.

Cuadro 1. Contenidos nutricionales del maraco con base en 100 gramos de pulpa (*T. bicolor* H.B.K.).

CONTENIDO	%
Humedad	87,90
Proteína	12,80
Aceite	3,90
Carbohidratos	61,10
Fibra	11,20
Ceniza	8,20

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de maraco requeridas en la ejecución del presente trabajo procedieron de la granja experimental del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI- «El Trueno» ubicada en San José del Guaviare, departamento del Guaviare, cuyas condiciones climáticas son: Precipitación anual 2900 mm, temperatura promedio anual 25,3°C, brillo solar 1650 horas, humedad relativa 84%. El tamaño y forma de donde se realizó el ensayo fue de cuatro metros entre árboles y cuatro metros entre surcos. Se seleccionaron los árboles que se encontraban en período reproductivo y presentaban abundante floración, 46 en total.

Los cambios de coloración y las mediciones fisiológicas (cuadro 2) se iniciaron desde el primer muestreo (frutos que tenían 8 días de desarrollo, 5mm de longitud). Las pruebas químicas se realizaron a partir del muestreo 6 del día 83, cuando la cantidad de pulpa lo permitió.

La unidad experimental para la caracterización física, fisiológica y química fue de 10 frutos, los cuales se tomaron al azar de la parcela experimental: en los primeros estadios de desarrollo, el peso total de la muestra no fue menor de 10 g (peso mínimo requerido para la determinación de la intensidad respiratoria), a los 83 días de desarrollo del fruto la muestra quedó constituida por tres frutos, como resultado del crecimiento experimentado por los individuos. Una vez recolectados los frutos se enviaban a la Planta de Vegetales del ICTA, de la UN, sede Bogotá. Para su transporte los frutos fueron envueltos en papel periódico húmedo, para evitar su deshidratación. Durante los primeros 68 días de desarrollo se determinó coloración (visual) e intensidad respiratoria (mg CO₂/kg/hora).

Las determinaciones químicas se iniciaron a partir de los 83 días cuando la cantidad de pulpa así lo permitió. Las determinaciones realizadas fueron pH, acidez (% de ácido cítrico), brix (% sólidos solubles), azúcares reductores y totales (mg de gluco-

Cuadro 2. Determinaciones físicas, fisiológicas y químicas durante el desarrollo del fruto de maraco.

MEDICION	METODOLOGIA
FISICAS	
Coloración	Visual
FISIOLOGICAS	
Respiración (mgCO ₂ /Kg/h)	Método volumétrico Respirómetro de Warbur
QUIMICAS	
pH	Potenciometría (1)
Acidez(% Ac. cítrico)	Titulación con NaOH 0.1 N(2)
° Brix (%) Sólidos sol.	Refractometría (1)
Azúc. Reduc y totales (mg glu/100g)	Método de Laneu Eynon (3)
Vitamina C (mg Ac Ascorbico/100g)	Método colorimétrico Mohr (2)
Indice de madurez	. Relación Brix/acidez . Azúcares totales/acidez

Fuente: 1. A.O.A.C (1985); 2. Gaviria (1985); 3. Hart (1991).

sa/100g %), vitamina C (mg de ácido ascórbico/ 100 g de pulpa) y relación de madurez expresada como Brix/acidez y Azúcares. La pulpa empleada para estas determinaciones se obtuvo de la mezcla de tres frutos en óptimo estado, la cual se obtuvo licuándola y posteriormente se filtró para obtener una mezcla homogénea.

Los datos obtenidos a partir de la caracterización fisicoquímica y fisiológica fueron analizados mediante el programa estadístico S.A.S. que proporciona el análisis de varianza, estableciendo la significancia al 5% y al 1%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis de la fase reproductiva de maraco permitieron establecer que el fruto tiene un período de desarrollo de 113 días, los cuales se pueden dividir en 8 etapas bien definidas, las 6 primeras corresponden al crecimiento del fruto y las últimas dos a su maduración; los principales cambios fisiológicos y fisicoquímicos se presentan a continuación:

Color: durante los primeros estadios de desarrollo del fruto, su coloración fue verde claro, esta coloración se fue intensificando, haciéndose máxima en la etapa V (68 días) cuando, también se manifestaron cambios de coloración en el interior del fruto, pasando de un blanco crema a un color amarillo claro. A partir de esta etapa se manifestaron cambios de coloración, tanto en la corteza como en la pulpa, pasando de verde oscuro a amarillo

con verde, trazas verdes la primera y curuba oscuro, la segunda. El cambio de coloración se dio del plano ecuatorial del fruto, extendiéndose hacia los ápices. Estos cambios se atribuyen a la degradación de la clorofila asociada a los cambios de pH, que permite la salida de ácidos orgánicos al exterior de la vacuola y a la síntesis de nuevos pigmentos, en este caso de carotenoides, responsables del color amarillo (Wills, Lee, Graham, Mc Glasson y Hall, 1981).

Intensidad respiratoria: El cuadro 3 muestra el comportamiento de la respiración del fruto de maraco durante su desarrollo y maduración. El comportamiento de los datos muestra que la intensidad respiratoria disminuye en la medida en que el fruto madura fisiológicamente. La máxima tasa respiratoria se da el día 8 (Etapa I). La fase de madurez comercial se contempla desde los 83 días a los 113 días, donde la intensidad respiratoria muestra valores muy bajos, alrededor 1,4 mg CO₂/kg fruto-hora, presentándose luego en los 113 días, al finalizar el estudio, un incremento en la intensidad respiratoria con 2,07 mg CO₂/kg fruta-hora (figuras 1 y 1A), siendo este comportamiento característico de frutos climatéricos (Wills, 1984; Duran, 1982). A partir de este momento se da inicio a la madurez que señala las transformaciones de tipo bioquímico y anatómico que coinciden con el máximo tamaño en longitud y diámetro del fruto y cambio en la coloración del mismo, facilitando alcanzar la madurez comercial. El análisis de varianza

Cuadro 3. Comportamiento de la intensidad respiratoria.

EDAD (Días)	INTENSIDAD RESPIRATORIA (CO ₂ /kg*hora)
8	464.914
23	188.133
38	63.250
53	18.304
68	5.462
83	1.429
98	1.323
113	2.070

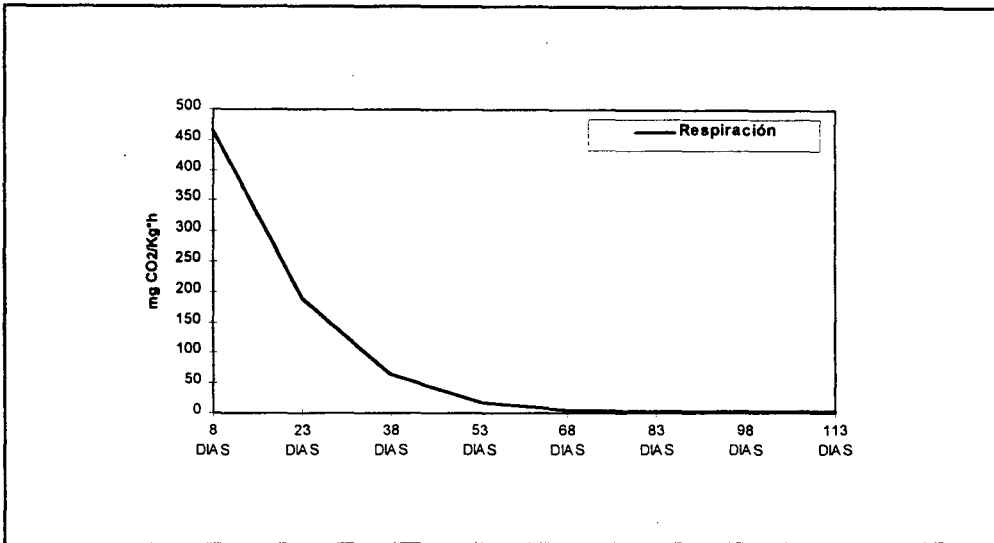


Figura 1. Variación de la intensidad respiratoria.

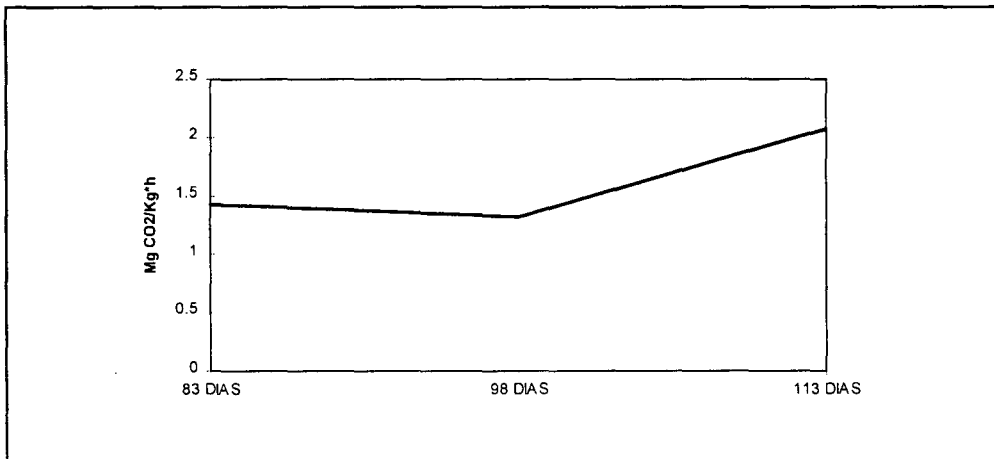


Figura 1A. Variación de la intensidad respiratoria.

indicó diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre las edades para la intensidad respiratoria, el coeficiente de variación bajo 1,56%.

pH y acidez. Se encontró en el maraco que el pH asciende progresivamente desde el día 83 hasta el día 113 con 6,04 y 6,5, respectivamente, en tanto que este comportamiento es inverso para la acidez titulable en el último muestreo, ya que desciende de 0,134 % el día 98 a 0,1 % en ácido cítrico el

día 113 (cuadro 4) (figura 2). El descenso en la acidez titulable indica la degradación de los ácidos orgánicos, como cítrico, málico y tartárico hasta subproductos finales CO_2 , agua y calor. El incremento del pH es debido a la reducción de la acidez (Pantástico, 1981). Se realizó el análisis de varianza para las dos variables. En el pH se obtuvieron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre edades y un bajo coeficiente de variación por debajo de 10,76%, en tanto que para

la acidez no se encontraron diferencias significativas y su coeficiente de variación también fue bajo 0,38% .

Grados brix. Durante el período de análisis, se presentó un aumento de la cantidad de sólidos solubles (cuadro 4); el valor del día 98 con 8,5 % coincide con el mínimo de intensidad respiratoria, estado de la madurez fisiológica del fruto (figura 3). Durante el periodo de maduración los sólidos solubles alcanzaron un valor de 11 %, lo cual da un buen balance en el contenido de azúcares de la fruta de consumo comercial.

Los sólidos solubles disueltos en la pulpa están representados, en su mayoría, por azúcares como sacarosa, glucosa y

fructosa, los cuales se encuentran en concentraciones bajas en las primeras etapas del crecimiento, pero al iniciarse la maduración hay aumento de éstos, como consecuencia de la hidrólisis del almidón y otros polisacáridos (Wills, et al., 1984). El análisis de varianza realizado mostró que hay diferencias significativas ($p < 0,05$) entre edades y el coeficiente de variación de 10,65%.

Azúcares reductores y totales. Para los azúcares reductores representados por la glucosa y fructosa predominantemente, el valor inicial registrado fue de 7,06467 % y el final 11,503 % (figura 3). Ésta tendencia es característica de otras frutas climatéricas y tropicales; ésto es que, en la fase de madu-

Cuadro 4. Variaciones y químicas durante el crecimiento y maduración del maraco.

EDAD (días)	ACIDEZ (% Ac. Cítrico)	PH	GRADOS BRUX (%)	AZUC. REDUCT.	AZUC. TOTALES	I.M. Brix/Acidez	I.M. Az.Red/Acidez	VITAMINA C
83	0,1152	6,04	4,4	7,06	15,79	38,19	61,32	
98	0,1344	6,12	8,5	9,08	22,31	63,24	67,63	0,00016
113	0,1440	6,5	11,0	41,5	25,83	110,00	288,21	0,00018

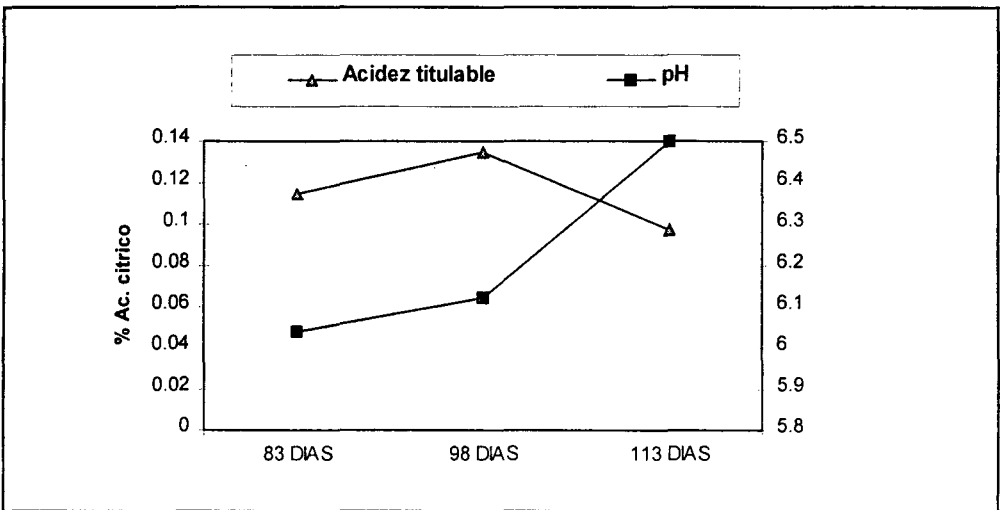


Figura 2. Variaciones del Ph y acidez.

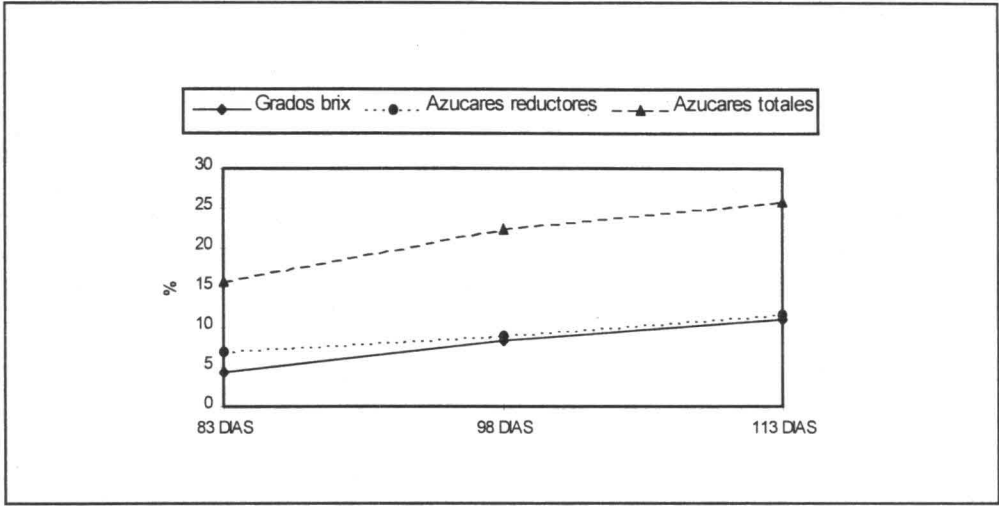


Figura 3. Variaciones de los grados brix, azúcares reductores y totales.

ración se da la mayor intensidad en la hidrólisis del almidón que conlleva a una mayor acumulación de azúcares reductores, como lo explican Czyhrnciw (1969) y Pantástico (1981).

En el caso de los azúcares totales se encontró que el máximo valor registrado fue de 25,8333 % y correspondió al último muestreo del día 113 de desarrollo del fruto;

este valor coincide con el período de madurez comercial del fruto, donde alcanza el máximo incremento en longitud y diámetro. Este alto valor se debe al momento en que se da la máxima formación de pulpa en el fruto y a que las células constitutivas son de carácter mucilaginoso, el contenido de carbohidratos es mayor y éstos se hidrolizan durante la maduración (Cheftel, 1976).

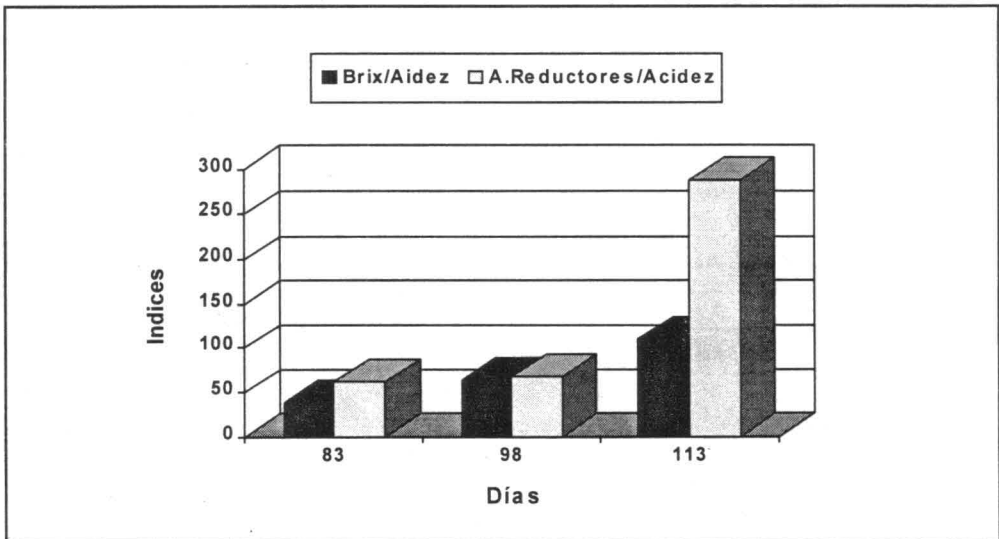


Figura 4. Índices de madurez.

Para la variable azúcares totales se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) y un bajo coeficiente de variación (cuadros 9), su C.V.=10,24%, bajo. Los azúcares reductores dentro de cada período no exhibieron variabilidad, por lo tanto no se realizó el análisis de varianza.

Índice de madurez. En el cuadro 4 se muestra la relación brix/acidez, la cual aumentó continuamente durante el desarrollo del fruto, llegando a un valor de 110 en el momento de la recolección el día 113. De igual forma se observa que la relación azúcares reductores/acidez, aumentó progresivamente, como consecuencia del incremento de azúcares (figura 4). Los análisis de varianza para los índices de madurez para las relaciones Az. red/Acidez y Grados Brix/Acidez se encontraron, en ambos casos, diferencias significativas ($p < 0,05$) y bajos coeficientes de variación.

Vitamina C. Las determinaciones para vitamina C se hicieron durante los dos últimos muestreos. El día 98 de la fase reproductiva se registró un valor de 0,00016 mg/100 g y posteriormente se mantuvo el día 113 con 0,00018 mg/100 g lo cual indica que el fruto de maraco posee escasos contenidos en vitamina C, lo cual coincide con su pH y su bajo contenido de acidez.

La duración del ciclo floral del maraco es de 46 días y comprende desde yema floral (1 mm) a flor fecundada o caída. Si la flor no ha sido fecundada cae al segundo o tercer día de apertura de la flor; cuando la flor ha sido mal fecundada cae, en la mayoría de ocasiones el día quinto de apertura floral; por el contrario, si ha sido fecundada, los pétalos se secan y el óvulo comienza a engrosarse para formarse el fruto. A partir del día 98 de desarrollo del fruto, éste podrá ser cosechado por cuanto los procesos de síntesis llegan a su máxima intensidad y se inician los procesos propios de la maduración. La madurez fisiológica del fruto sólo se presenta hasta los 113 días después de la antesis, cuando ocurre la máxima expresión de los cambios bioquímicos y organolépticos, tales como el color de la corteza, el cual puede ser utilizado como índice de cosecha; sin

embargo su valoración puede ser subjetiva. A su vez, la intensidad respiratoria presenta su valor mínimo cuando la fruta está fisiológicamente desarrollada. El cambio respiratorio se ve acompañado por un aumento del pH y del contenido de azúcares, cuyos valores son buenos indicadores para determinar el momento adecuado de cosecha, si se usan combinados y no solos.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS. 1980. Methods of Analysis 3a. De. Washington. pp. 359-799.

BARCELLO, J. C. Y SABATER, B. 1985. Fisiología Vegetal. 3 edición. Pirámide, Madrid. pp 813.

BRADY, C. J., O'CONNELL, P.D., SMMDZUK J., LUAE, U. L. 1970. Permeability Sugar accumulation and respiration rate in ripening banana fruits. Aust J. Biol. Sci 23. pp. 1143-1150.

CASAS, A. E., 1995. Proyecto de Pasantía Análisis de Crecimiento Vegetativo del Maraco (*Theobroma bicolor*). Mimeografiado 110p.

CASTAÑEDA, R. R., 1985. *Theobroma bicolor* H.B.K.. Frutas silvestres del chocó. Instituto Colombiano Hispánico. Ediciones de la Segunda Expedición Botánica. pp. 16-19.

CHEFTEL, J. H. 1976. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos. Editorial Acribia. México. Vol. 2. pp. 404.

CORDOBA, C. U. 1976. Fisiología Vegetal. 1ra. Edición Española. Ediciones Blame. Madrid. p. 439.

CZYRIMCIW, N. 1969. Tropical Fruits. Adv. Food. Res 17. pp 153 - 211.

DURAN, S. 1982. Frigoconservación de la fruta. Editorial Aedos, Barcelona. pp. 9 - 128.

GAVIRIA, L. E. Y de RAMIREZ I. B. 1976. Análisis de Alimentos. Facultad de Ciencias. Departamento de Química. Tomos: 1. 2. 3. Universidad Nacional de Colombia.

HART, F. y FISHER, L. 1991. Análisis Moderno de los Alimentos. Editorial, Acribia, Zaragoza.

MEJIA, M. 1986. Tentativa de introducción a Palmira, Valle del Cauca, de algunas especies vegetales subexplotadas alimenticias promisorias, provenientes de las más bajas latitudes Colombianas. En: Seminario sobre recursos vegetales promisorios, 3 jun. Memorias. pp 1-55. Medellín, Colombia.

PANTASTICO, E. R. 1981. Fisiología de Post-recolección. Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas Tropicales y Subtropicales. Vol. 1. Editorial, Limusa S.A.. México. pp. 812-815.

VELEZ, G. A. 1991. Los Frutales Amazónicos Cultivados por las Comunidades Indígenas de la Región del Medio Caquetá. Amazonía Colombiana. Vol 5 (2). pp 163-93.

WILLS, R. LEE, GRAHAM, MC GLASSON Y HALL. 1981. Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas; Post-recolección. Zaragoza. pp. 6-90.