

## EFFECTO DEL GRADO DE MADUREZ Y LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA PAPAYA HÍBRIDO POCOCÍ

Gerardina Umaña<sup>1/\*</sup>, Carlos Luis Loría<sup>\*\*</sup>, Juan Carlos Gómez<sup>\*\*\*</sup>

**Palabras clave:** *Carica papaya*, poscosecha, almacenamiento, grados de maduración, temperatura de almacenamiento.

**Keywords:** *Carica papaya*, postharvest, storage, maturity stages, storage temperature.

Recibido: 25/02/11

Aceptado: 17/08/11

### RESUMEN

Se cosechó en Cariari (Guápiles), papaya Híbrido Pococí con 4 grados de maduración, con el objetivo de conocer cambios en las características físico-químicas que ocurren en la fruta bajo 2 condiciones de almacenamiento: 1) 22°C y 85% humedad relativa (temperatura ambiente) y 2) 14°C y 95% humedad relativa, durante 14 días, seguidos de 9 días a 22°C y 85% humedad relativa. Los valores de la tasa respiratoria al inicio del almacenamiento a temperatura ambiente fueron bajos (6,3-13,3 ml.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>), con importante alza entre el día 3 y 5, sin encontrarse diferencias significativas entre tratamientos a partir del día 7. Los frutos cosechados con grado 3, alcanzaron al menos un 75% de amarillo en el día 7, mientras que frutos de grado 1, en el día 9. A partir del día 5, no se presentaron diferencias en firmeza de cáscara entre los grados 1, 2 y 3. Se registraron valores de firmeza en pulpa menores a 20 N (relacionados con madurez de consumo), en los días 7 (grado 2 y grado 3) y 9 (grado 1). Después de salir del almacenamiento a 14°C, la respiración de los grados 1, 2 y 3 fue estadísticamente igual, con aumento importante en el día 5 del almacenamiento a temperatura ambiente. Se observó un incremento rápido en el porcentaje de

### ABSTRACT

**Effect of maturity stage at harvest and storage conditions on the ripening behavior of Pococi hybrid papayas.** Papayas (Híbrido Pococí) were harvested from a field in Cariari, Guapiles, Costa Rica, with 4 maturity degrees, which were defined by the number of yellow stripes on the surface of the fruit (0, 1, 2 or 3 stripes). The objective was to understand changes in the physico-chemical characteristics that occur in papayas under 2 storage conditions: 1) 22°C and 85% RH (RT), or 2) 14°C and 95% RH (CT), both during 14 days, followed by room temperatures storage for 9 more days. At the beginning of the storage at RT (22°C), respiration rates of the fruits were low 6.3 to 13.3 ml.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>, then an abrupt increase was observed between day 3 and 5. Fruit respiration rates did not differ among treatments after 7 days, regardless of the differences in color stripes number at harvest (0, 1, 2 or 3 stripes). Yellow coverage of the skin reached 75% of total area, after 7 days of storage for fruits picked with 2 or 3 yellow stripes, while fruits with one 1 stripe at harvest reached that color until day 9. Pulp firmness decreased throughout storage, reaching values below 20 N (good for consumption) at day 7 (2 and 3 stripes)

1 Autor para correspondencia. Correo electrónico: gerardina.umana@ucr.ac.cr

\* Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

\*\* Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica.

\*\*\* Corporación Agrícola del Monte, Buenos Aires, Puntarenas, Costa Rica.

amarillo entre los días 3 y 7 hasta alcanzar, todos los grados, porcentajes superiores al 75% en el día 7. A la salida del almacenamiento en frío, se encontró una pérdida importante de firmeza de la cáscara hasta 83% y de la pulpa hasta 90%. Los grados brix al momento de cosecha estuvieron comprendidos entre 7,9 y 11,3, con poca variación durante el almacenamiento, situación parecida a lo que se presentó con la acidez titulable.

## INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.), es una planta perteneciente a la familia Caricaceae, originaria de América tropical, del sur de México hasta Costa Rica; cultivada en la actualidad en diferentes regiones tropicales y subtropicales del mundo (Guillén 2002), con una producción mundial en el año 2008 de 9 732 158 de toneladas (FAO 2011).

Para el año 2005, Costa Rica registró 596,11 hectáreas y un total de 35 570 (t), con un rendimiento promedio de 59,67 t.ha<sup>-1</sup>, uno de los más altos del mundo. Para estimular el consumo de esta fruta a nivel nacional, así como de proveer a los agricultores de nuevas variedades para diversificar, el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Universidad de Costa Rica (UCR) desarrollaron materiales con potencial (Mora y Bogantes 2004). A raíz de esto, se liberó el híbrido "Pococí", lo que incrementó la producción y comercialización de papaya y a la vez se creó la necesidad de mejorar el manejo de esta en cosecha y en poscosecha.

Los criterios que se utilizan para determinar el momento oportuno de cosecha de los frutos pueden estar basados en apariencia, textura, sabor, tamaño, (Kader 1998), y otros más complejos como el tiempo que transcurre entre la floración y la cosecha, la medición de las unidades de calor, ritmo de respiración, contenido de

and 9 (1 stripe) of storage at RT. After storage at 14°C, fruit harvest at 1, 2 or 3 stripes showed similar respiration rates; an important increase was observed at day 5 at room temperature. Development of the skin color increased for all stripes between day 3 and 7, reaching 75% of total at day 7. Skin and pulp firmness of papaya fruits significantly decreased to 83% and 90%, respectively, after stored at 14°C. On the other hand, soluble solids content (SSC) and titratable acidity (TA) did not significantly varied during storage.

sólidos solubles y proporción azúcar/acidez entre otros (FAO 1993).

La maduración en los frutos se define como la fase en la cual un producto ha alcanzado un estado suficiente de desarrollo como para que después de la cosecha y del manejo poscosecha, su calidad sea aceptable (Kader 1998).

La papaya experimenta cambios como pérdida de firmeza, producción de azúcares y constituyentes del sabor acelerados por la producción de etileno y un incremento repentino en la actividad respiratoria, la cual se conoce como etapa de climaterio (Paull y Chen 1983, González 1997). Sin embargo, el primer signo visible de la maduración de este fruto se da por cambios en el color como resultado del aumento en el contenido de pigmentos y disminución significativa del contenido de clorofila (Santos et al. 2005).

En Costa Rica, el criterio más común para la cosecha de papaya es la presencia de fajas longitudinales de coloración amarilla (también llamadas rayas, franjas o pintas) que inician y se concentran en el ápice de la fruta. La decisión de los estados de madurez para cosecha dependen de la distancia a la que se encuentre el mercado, del volumen y precios (Guzmán 1998).

El objetivo de esta investigación fue conocer los cambios en las características físico-químicas que ocurren en frutos de papaya var. Híbrido Pococí cosechados con diferentes grados de maduración y mantenidos en 2 condiciones de temperatura de almacenamiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se cosecharon frutos de papaya Híbrido Pococí, tipo cacho, sin daños, golpes, o pudriciones, tamaño mediano, con peso promedio 1 100 g, de una finca dedicada a la producción comercial de papaya, ubicada en Cariari de Guápiles, provincia de Limón, en la zona Atlántica de Costa Rica, a una altitud de 50 msnm.

Las fechas de inicio de los ensayos fueron el 23 de agosto del 2007, en la que se cosecharon un total de 120 frutas para el ensayo de maduración a temperatura ambiente (22°C) que es la temperatura promedio en la que usualmente se almacena y maneja la papaya para el mercado nacional y el día 11 de setiembre del 2007, en el que se cosecharon 120 frutas para el ensayo de almacenamiento a 14°C que es la temperatura a la que se recomienda transportar la papaya al mercado europeo, para luego ser sacada de los contenedores y manejada a temperatura ambiente mientras es vendida en los mercados. Los frutos fueron cubiertos con papel periódico para amortiguar golpes y roces entre ellos; luego fueron trasladados al Laboratorio de Tecnología Poscosecha del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) en la Universidad de Costa Rica, en donde se lavaron en agua con cloro (50 mg.l<sup>-1</sup>) y se sumergieron en una solución en agua con el fungicida tiabendazole (500 mg.l<sup>-1</sup> de ingrediente activo) y se envolvieron completamente en papel periódico blanco.

En ambas fechas, se cosecharon frutos con los grados de maduración utilizados actualmente por los agricultores, determinados en función de la ausencia o presencia de franjas de color amarillo en el ápice de la fruta y que constituyeron los tratamientos a evaluar:

Tratamiento 1. Grado 0: frutos en madurez fisiológica con solo un incipiente cambio de color verde oscuro a verde claro, sin notarse ninguna franja definida.

Tratamiento 2. Grado 1: frutos en madurez fisiológica, con un área de cambio de color verde a amarillo en la cáscara, en una parte cercana al ápice de la fruta (una franja).

Tratamiento 3. Grado 2: frutos en madurez fisiológica, con 2 áreas de cambio de color verde a amarillo en la cáscara (2 franjas).

Tratamiento 4. Grado 3: frutos en madurez fisiológica, con 3 áreas de cambio de color verde a amarillo en la cáscara (3 franjas).

Para el primer ensayo, los frutos fueron almacenados a una temperatura de 22°C y 85% de HR, condiciones que se denominan temperatura ambiente. Estos fueron evaluados antes de introducirlos en la cámara (día 1) y a los 3,5,7,9 y 11 días después de cosechados y de permanecer almacenados a temperatura ambiente.

En el segundo ensayo, los frutos se almacenaron por 14 días a 14°C y 95% de HR y luego a 22°C y 85% de HR por 9 días (condiciones de temperatura ambiente). Estos se evaluaron el día que ingresaron a la cámara (día 1), después el día de la salida de la cámara, y a los 3, 5, 7 y 9 días de permanencia en almacenamiento a temperatura ambiente.

Las variables evaluadas se detallan a continuación:

**1. Tasa de respiración:** La tasa respiratoria se determinó al pesar y colocar el fruto en un recipiente hermético, de volumen conocido, que formó un sistema cerrado. Para lograr el equilibrio se dejó por 1 h, luego se tomó una muestra del aire interno del recipiente por 15 s, la cual se inyectó a un analizador infrarrojo de dióxido de carbono (Illinois Instrument, modelo 6600) para determinar el contenido de los gases. Con los datos obtenidos se calculó la tasa respiratoria de cada papaya por medio de la siguiente fórmula:

$$CO_2 \text{ (ml.kg}^{-1} \text{.h}^{-1}) = \frac{[CO_2f] - [CO_2i] * V_{rep} - P}{100 \frac{P}{T} * 1000}$$

donde:

[CO<sub>2</sub>f]=Concentración final de CO<sub>2</sub> expresada en porcentaje.

[CO<sub>2</sub>i]=Concentración inicial de CO<sub>2</sub> expresada en porcentaje.

V<sub>rep</sub>=Volumen del recipiente en cm<sup>3</sup>.

P=peso del fruto en gramos.

T=Tiempo en horas.

**2. Color amarillo de la cáscara:** Se evaluó como el porcentaje de color amarillo presente en la cáscara.

**3. Firmeza de cáscara y pulpa:** Con el uso de un penetrómetro John Chatillón Dpp-100 N 100n x 1N, con punzón en forma de diente, se obtuvo el grado de firmeza de ambos tejidos. Los datos se tomaron de la parte central del fruto (ecuador) con 3 mediciones y para las mediciones de la firmeza de la pulpa, se removieron porciones de cáscara con igual grosor, un pelador de frutas.

**4. Porcentaje de sólidos solubles (azúcares totales o grados brix):** El porcentaje de sólidos solubles se obtuvo de muestras de la parte ecuatorial de la pulpa, las cuales fueron licuadas y filtradas a través de una gasa, para luego hacer la determinación de los azúcares con ayuda de un refractómetro digital marca Atago Pocket Pal-1.

**5. Acidez titulable:** Se tomaron muestras de jugo de la parte central del fruto y con un titulador automático marca Orion, se tituló con una solución de NaOH 0,1 N a un pH de 8,2. El porcentaje de acidez titulable se calculó con base en el ácido málico.

### Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en ambos ensayos fue un irrestricto al azar con 4 tratamientos (grados de maduración), con 4 repeticiones, con 5 frutas cada repetición. Se realizó un Anova a los datos y la separación de medias se hizo mediante la prueba del LSD ( $p=0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La papaya Híbrido Pococí almacenada a temperatura ambiente ( $22^{\circ}\text{C}$ ), presentó diferentes cambios, algunos no tan fáciles de percibir, como fue el aumento en la tasa de respiración, otros más evidentes como el desarrollo del color amarillo y disminución de firmeza, que forman parte

del proceso de maduración en un fruto climatérico (Willis et al. 1998).

En la fruta almacenada durante 2 semanas a  $14^{\circ}\text{C}$ , por efecto de la temperatura más baja, se retrasaron algunos procesos de la maduración como el desarrollo de color amarillo, pero luego al colocarla a temperatura ambiente ( $22^{\circ}\text{C}$ ), estos continuaron, sin presentar alteraciones en la apariencia ni daños por frío.

La temperatura para el almacenamiento en frío varía según el cultivar y grado de maduración de la papaya, las temperaturas recomendadas fluctúan en el rango de  $10-13,5^{\circ}\text{C}$ , sin embargo, se ha observado que si la fruta tiene menos de 60% de amarillo y se almacena a  $10^{\circ}\text{C}$ , se pueden presentar daños por frío (Teixeira et al. 2007).

### Tasa de respiración

Se encontró que los valores de la tasa de respiración al inicio del almacenamiento (Figura 1A) a temperatura ambiente fueron bajos, estuvieron comprendidos entre  $6,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  para el grado 0 y el mayor valor para el grado 2 con  $9,10 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  ( $p=0,0097$ ), notándose un incremento entre los días 3 y 5, siendo las tasas detectadas para este último día de  $24,54 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  (grado 0),  $37,18$  (grado 1),  $37,64$  (grado 2) y  $27,58$  (grado 3) ( $p=0,0488$ ), lo que según Sañudo et al. (2008), podría estar relacionado con el pico climatérico. Después se observó una merma entre los días 7 y 9 y una nueva alza en el día 11 sin diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Hasta el día 5, el grado 0 presentó los menores valores de respiración, hasta el día 7, a partir del día 7, no se detectaron diferencias entre los tratamientos para esta variable.

Kader (2002) señala valores para la tasa de respiración entre  $15 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  para papayas verdes hawaianas y  $35 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  para papayas maduras mantenidas a  $20^{\circ}\text{C}$ , que al compararlos con los obtenidos para los frutos del Híbrido Pococí, resultan más altos en la papaya hawaiana verde, pero semejantes en la fruta madura. Bron y Jacomino (2006) informan que los valores para la papaya de la variedad Golden a

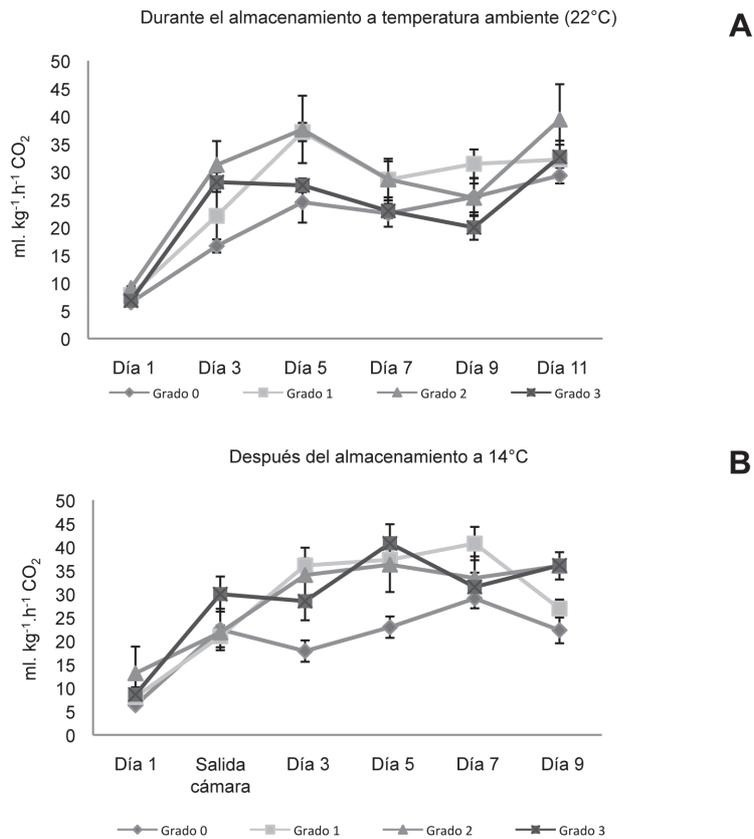


Fig. 1. Respiración de frutos de papaya de la variedad híbrido Pococí con diferente de cosecha evaluados en diferentes días durante el almacenamiento a temperatura ambiente (A) y frutos mantenidos a temperatura ambiente luego del almacenamiento durante 14 días a 14°C (B).

partir del segundo día de almacenamiento a 23°C son de 31 ml.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> para fruta con grado de madurez 0, 1 y 2 y de 37 ml.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> para fruta con grado 3, valores muy semejantes aún cuando los índices de cosecha implican en este caso, fruta con un estado de maduración distinto, donde el grado 0 ellos lo designan para fruta verde, grado 1 para fruta con color amarillo que no alcanza más del 15% de la superficie, grado 2 para fruta con 16-25% de color amarillo, grado 3 con 26-50% de amarillo.

En el caso de los frutos de la papaya que fueron almacenados a 14°C durante 2 semanas (Figura 1B), antes de ingresar a la cámara de

refrigeración (día 1), la respiración estuvo comprendida entre 6,33 ml.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> (grado 0) y 13,33 (grado 2) (p=0,4638). A la salida de cámara, los frutos tenían una tasa respiratoria en los rangos de 21 ml.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> (grado 1) y 29,98 (grado 3) (p=0,2093). Entre los día 3 y 5 después de haber salido del almacenamiento en frío, hubo un incremento importante en esta variable, encontrándose diferencias estadísticas en la tasa respiratoria entre los grados 0 y los grados 1,2,3. En el día 5 se registraron los mayores valores, con 22,93 ml.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> para el grado 0, 37,3 para el grado 1, 36,25 para el grado 2 y 40,78 para el grado 3 (p=0,02). Después se observó una

merma entre los días 5 y 7, y una nueva alza en el día 9 para los grados 2 y 3. Los valores de la tasa de respiración de los frutos con los grados de maduración 1, 2 y 3, no presentaron diferencias estadísticas después de haber salido del almacenamiento a 14°C durante 2 semanas y permanecer a temperatura ambiente durante 9 días.

### Desarrollo de color amarillo

El color amarillo es uno de los principales criterios a considerar, tanto a la hora de la cosecha de la papaya, como para la comercialización y el consumo. Antes del almacenamiento a temperatura ambiente, la papaya con el grado 0 presentó 0% de color amarillo, la fruta de grado 1 (1 franja) un 3%, el grado 2 (2 franjas) un 7% y el grado 3 (3 franjas) un 12%.

Los valores para la fruta que iba a ser almacenada en frío fueron de un 8% de amarillo para la de grado 0, 2% para la de grado 1 y un 15% para la de los grados 2 y 3. En el caso de la fruta de grado 0, cuando se cosechó, no presentaba ninguna franja de color amarillo definida en la zona apical, sino que eran áreas de color amarillo en otras zonas de la papaya, como por ejemplo, áreas en contacto de la fruta con el tallo, y que fueron contabilizadas por si pudieran tener algún efecto en el proceso de maduración.

El color amarillo fue incrementándose durante el almacenamiento a temperatura ambiente (Figura 2A), presentándose diferencias estadísticas entre los tratamientos a través del tiempo, con el mayor aumento entre los días 5 y 9 de almacenamiento. Los menores porcentajes de color se presentaron en la fruta cosechada con grado 0. Según An y Paul (1990), si la papaya es cosechada con madurez fisiológica cuando muestra el inicio del color amarillo, y se le almacena a temperaturas óptimas, entre 22,5°C y los 27,5°C, tarda entre 10-16 días hasta estar completamente amarilla.

Zhou et al. (2004) citados por Santamaría et al. (2009), señalan que el consumo de la papaya Maradol se recomienda cuando los frutos tienen 75% de color, mientras que según Rocha et al. (2005), la papaya Formosa debe de presentar más

de 50%. Al considerar el primer criterio como modelo del porcentaje mínimo de color amarillo que debería tener la papaya Híbrido Pococí para su consumo (aunque este va a depender del gusto de los diferentes consumidores), se determina que alcanzó ese valor en frutos cosechados con grado 3 el día 7 de almacenamiento a temperatura ambiente, en ese momento, no presentaba diferencias estadísticas con el grado 2. Los frutos con grado 1, alcanzaron el 75% de amarillo a partir del día 9, y los frutos cosechados con grado 0, en el día 11.

La papaya, después de permanecer 2 semanas a 14°C (Figura 2B), presentó a la salida de cámara un avance en el color amarillo, con un 20% para el grado 0, un 28% para el grado 1, un 30,5% para el grado 2 y 40% para el grado 3 ( $p=0,0001$ ), manteniéndose para los siguientes días la tendencia en la que el grado 0 registró los menores valores de amarillo y el grado 3 los mayores.

El mayor incremento en el porcentaje de amarillo se dió entre los días 3 y 7 después de ser trasladada la fruta de 14°C a 22°C, para llegar a porcentajes de color amarillo superiores al 75% a partir del día 7 en todos los grados, sin detectarse en esa evaluación, diferencias estadísticas entre los grados 0, 1 y 2, pero sí con el grado 3, que exhibió el valor más alto.

La manifestación del color amarillo durante la maduración del fruto de papaya, está relacionada con cambios en el contenido de pigmentos, principalmente por la degradación de la clorofila, como consecuencia de procesos oxidativos, así como por la síntesis, desenmascaramiento y predominancia de otros pigmentos como los rojos y amarillos (Santos et al. 2005, Wills et al. 1998).

Abeles et al. (1992) y Wills et al. (1981) citados por Rocha et al. (2005), encontraron que al reducir la temperatura del almacenamiento de la papaya, el desarrollo del color disminuye, por una merma en la degradación de la clorofila, como consecuencia de la reducción en la producción de etileno, sin embargo, tal como lo señalan Paull et al. (1997) y también fue constatado en este ensayo, al ser transferida a temperatura ambiente, puede continuar y llegar a desarrollar el color normalmente.

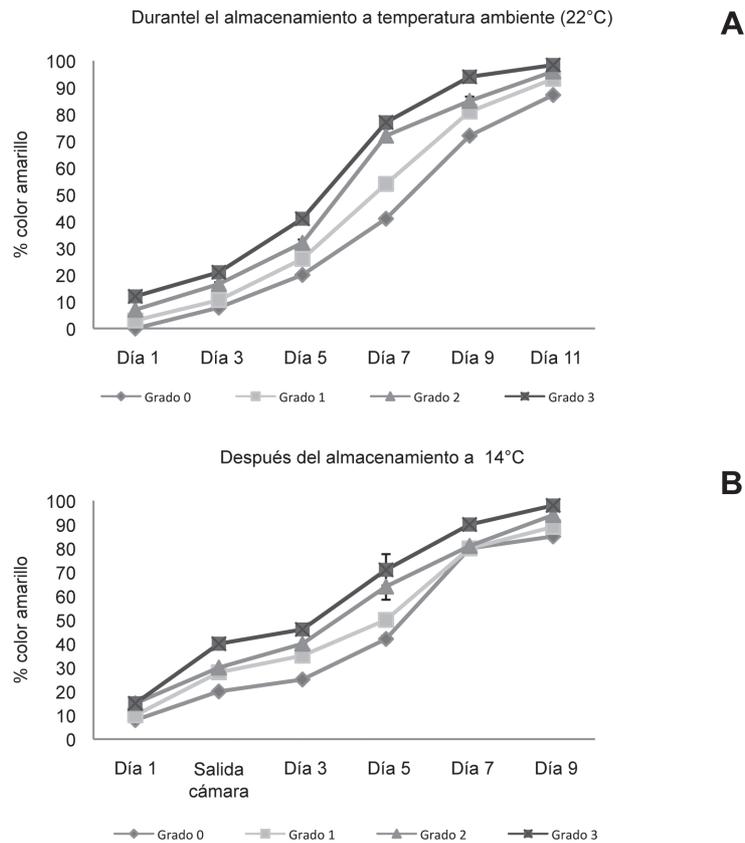


Fig. 2. Color amarillo en cáscara de frutos de papaya con diferente grado de cosecha en la variedad híbrido Pococí, evaluados en diferentes días durante el almacenamiento a temperatura ambiente (A) y frutos mantenidos a temperatura ambiente luego del almacenamiento a 14°C durante 14 días (B).

**Firmeza de cáscara y firmeza de pulpa**

La Figura 3A, muestra la disminución a través del tiempo de la firmeza de la cáscara de los frutos conservados a temperatura ambiente, encontrándose principalmente diferencias entre la firmeza de las papayas cosechadas verdes (grado 0) y las papayas cosechadas más maduras (grado 3).

Para el día 1 de evaluación, se presentaron diferencias estadísticas entre la firmeza de la cáscara ( $p=0,004$ ), el mayor valor lo presentó la papaya con grado 0 con 95 N, seguido por los grados 1 y 2 con 85 N y 75 N para el grado 3. Fue muy notoria la disminución de la firmeza entre

los 3 y 7 días de almacenamiento. A partir del día 5 no se presentaron diferencias entre los grados 1, 2 y 3 y a partir del día 9, no hay diferencias entre los 4 grados, sin embargo, en los días 9 y 11, las frutas de grado 0 y 1 aún mantenían promedios de firmeza altos, pero probablemente por la variación alta encontrada para esta variable conforme avanzaba la maduración, no se encontraron diferencias estadísticas. Estos resultados parecen indicar que a partir del día 5 de almacenamiento, la firmeza de la papaya no varía de manera significativa en los frutos cosechados con los grados 1, 2, y 3.

Uno de los mayores cambios asociados con la maduración de los frutos es la pérdida de firmeza, favorecida por la acción de enzimas como las hidrolasas, inducidas por el etileno (Thumdee et al. 2007, citados por Sañudo et al. 2008), y que degradan los hidratos de carbono poliméricos, principalmente los de las sustancias pécticas y las hemicelulosas, lo que debilita las paredes celulares y la fuerza en que se mantienen unidas las células (Wills et al. 1998). Este cambio, fue muy evidente entre los días 3 y 9 del almacenamiento de la papaya Híbrido Pococí a temperatura ambiente.

En la Figura 3B se presenta la información para la firmeza de la cáscara de las papayas almacenadas durante 2 semanas a 14°C, encontrándose que en el día 1 (antes de ingresar al almacenamiento en frío), las papayas no presentaron diferencias estadísticas entre los diferentes grados. Sin embargo, después de pasados esos 14 días, al salir del almacenamiento, la fruta presentó una gran pérdida de la firmeza a pesar de haberse mantenido a baja temperatura, con un 65% de disminución para el grado 0, 80% para el grado 1, 28% para el grado 2 y 83% grado 3, lo que muestra que a pesar de que la refrigeración

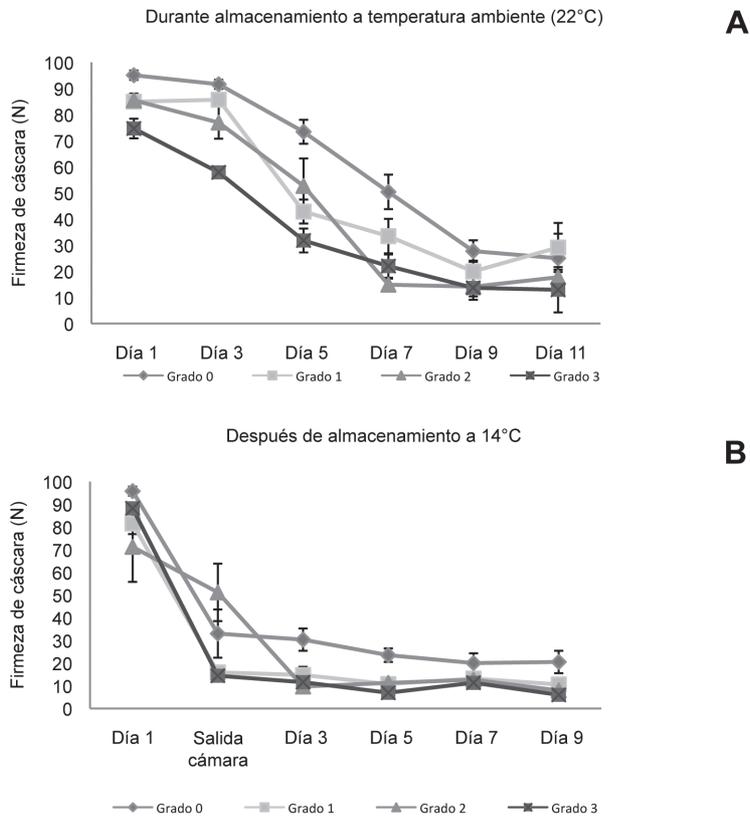


Fig. 3. Firmeza de cáscara (Newton) de frutos de papaya variedad híbrido Pococí con diferentes grados de cosecha evaluados en diferentes días durante el almacenamiento a temperatura ambiente (A) y frutos mantenidos a temperatura ambiente luego del almacenamiento a 14°C durante 14 días (B).

reduce la tasa de diferentes procesos fisiológicos, no los detiene. En la evolución a través del tiempo, el grado 0 fue el que presentó los mayores valores de firmeza y se diferenció estadísticamente de los grados 1, 2 y 3, con excepción de la evaluación realizada a la salida de cámara, en la cual fue el grado 2 el que obtuvo los mayores valores de firmeza.

Con respecto a la tendencia en el comportamiento de la firmeza de pulpa durante el proceso de maduración a temperatura ambiente (Figura 4), este fue muy semejante a lo encontrado para la firmeza en cáscara. En el día 1, la firmeza de

la pulpa de la papaya almacenada a temperatura ambiente (Figura 4A) fue de 79,4 N para el grado 0, 73,4 N para el grado 1, 70 N para el grado 2 y 64,6 N para el grado 3. Y ser estadísticamente diferentes los grados 0 y 3, mientras que los grados 1 y 2 fueron iguales ( $p=0,0001$ ). A partir del día 3 se da una reducción considerable en la firmeza de la pulpa, desde el día 5 los grados 1, 2 y 3 son estadísticamente iguales y entre los días 7 y 9 llegan a tener unos valores de firmeza menores a 20 N, relacionados por Bron y Jacomino (2006) en la papaya de la variedad Golden, con una condición apropiada para el consumo. En general,

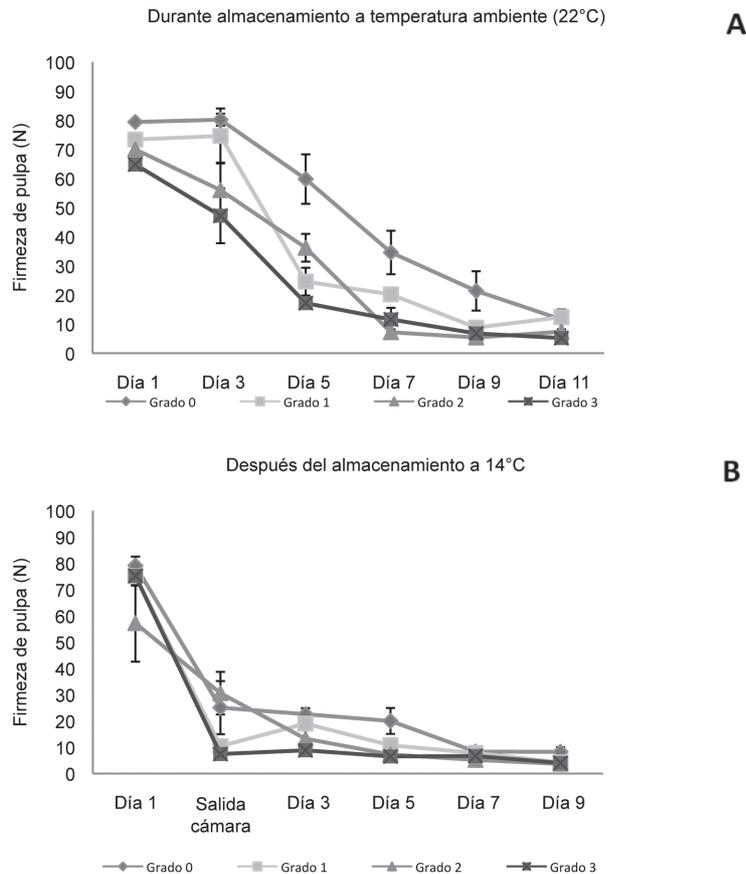


Fig. 4. Firmeza de pulpa (Newton) de frutos de papaya variedad híbrido Pococí, con diferentes grados de cosecha evaluados en diferentes días durante el almacenamiento a temperatura ambiente (A) y frutos mantenidos a temperatura ambiente luego del almacenamiento a 14°C durante 14 días (B).

si la papaya es cosechada cuando ha iniciado el desarrollo del color amarillo en la zona apical, se señala que tiene la firmeza adecuada para su consumo entre los 6 a 12 días después de cosechada (Paull 1993), lo que coincidió con el tiempo requerido por la fruta almacenada a temperatura ambiente en este ensayo.

La firmeza de la pulpa de la papaya antes de ser almacenada a 14°C (Figura 4B), no presentó diferencias estadísticas entre los diferentes grados (día 1), encontrándose valores de, 79,1 N en el grado 0, 75,1 en el grado 1, 57,2 N en el grado 2 y 75,2 en el grado 3. Cuando finalizó el almacenamiento a 14°C (salida de cámara) y la fruta fue evaluada, no se encontraron diferencias estadísticas para esta variable entre los diferentes grados, y al igual que para la firmeza de cáscara, fue muy drástica la disminución durante el periodo de almacenamiento, detectándose porcentajes de pérdida de un 67% para el grado 0, 86% para el grado 1, 46% para el grado 2 y 90% para el grado 3 y aunque no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos para esta evaluación, la fruta de los grados 1 y 3 registraron valores de firmeza menores a 20 N. En la evaluación efectuada 3 días después de permanecer la papaya a temperatura ambiente, los grados 1, 2 y 3 registraron valores de firmeza menores a 10 N, con diferencias estadísticas entre estos con relación al grado 0 ( $p=0,0001$ ). En ese momento, la fruta ya estaba muy suave y afectaría su posibilidad de exportación, pues daría muy poco margen para la comercialización en el mercado de destino. Después de la salida de cámara, los frutos de papaya con 1, 2 y 3 franjas, no mostraron diferencias en la firmeza de la pulpa.

La disminución la firmeza de la cáscara y la pulpa registrados en las diferentes evaluaciones, estuvieron más relacionados con el desarrollo de color de la cáscara de la fruta que se almacenó a temperatura ambiente, en comparación con la fruta almacenada a 14°C. Los coeficientes de correlación entre la firmeza de la cáscara de los diferentes grados de maduración y el porcentaje de color amarillo (datos no mostrados), estuvieron comprendidos entre -0,98 y -0,88 para la fruta

que se almacenó a temperatura ambiente, y entre -0,66 y -0,81 para la fruta almacenada a 14°C. Resultados semejantes se encontraron para la relación entre la firmeza de pulpa y el porcentaje de color amarillo.

La pérdida drástica de firmeza después del periodo de almacenamiento a 14°C, es un indicador de la importancia de estudiar y detallar más en este aspecto, con el fin de lograr los índices de cosecha más apropiados, tratamientos poscosecha y temperaturas, que permitan mantener la calidad tanto durante el envío de la fruta a baja temperatura, como en los días posteriores necesarios para la distribución de la papaya en mercados de destino como el europeo.

### Porcentaje de sólidos solubles

Los sólidos solubles en la papaya Pococí al momento de cosecha, estuvieron comprendidos entre 7,9 y 11,3 °brix, con pocas variaciones durante el almacenamiento, lo que concuerda con lo encontrado por Bron y Jacomino en la variedad Golden (2006) y por Sañudo et al. (2008), en la variedad Maradol.

Para la fruta almacenada a temperatura ambiente (Figura 5A), el porcentaje de sólidos solubles (azúcares totales) al inicio de las observaciones fue de 7,9°brix para el grado 0, 9,9 para el grado 1, 10,7 para los grados 2 y 3, presentándose diferencias estadísticas ( $p=0,0001$ ) únicamente entre el grado de maduración 0 y los otros grados. Se observaron muy pocos cambios a través del tiempo, hasta alcanzar en el último día de evaluación, un máximo de 10,8°brix en la fruta con grado 3 de cosecha, sin que fueran significativas las diferencias estadísticas con los distintos grados.

En la papaya que fue almacenada a 14°C (Figura 5B), los valores iniciales de sólidos solubles antes de ingresar a cámara de refrigeración, fueron de 9,8°brix para el grado 0, 10,6 para el grado 1, 11,1 para el grado 2 y 10,7 para el grado 3 ( $p=0,06$ ), con pocos cambios observados después de que salió del almacenamiento, para obtener un máximo de 11,3 para la fruta con grado 3 de cosecha y un mínimo de 10 para el grado 0

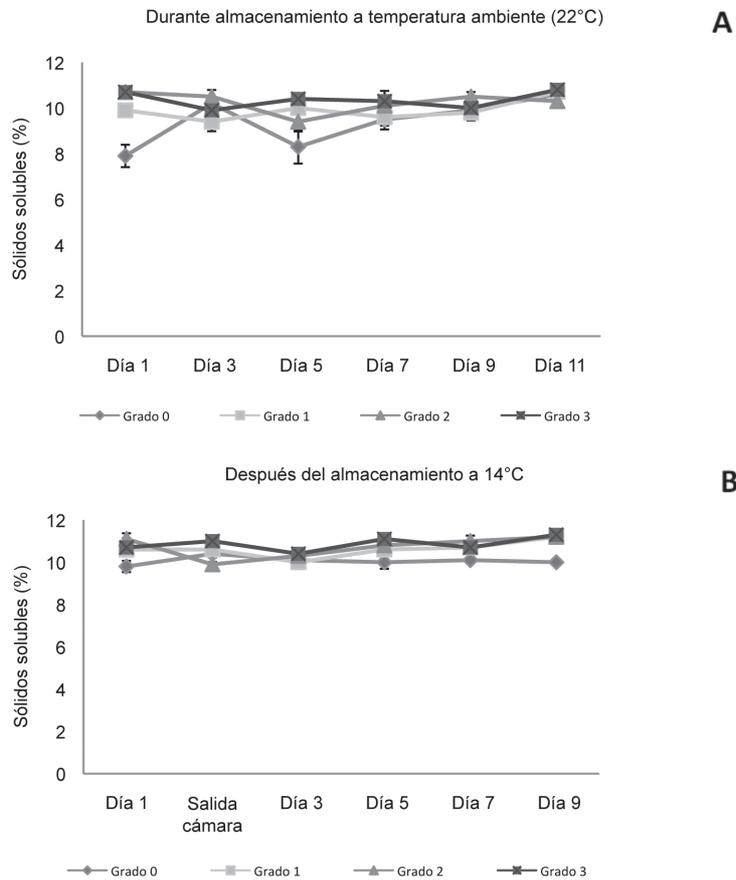


Fig. 5. Porcentaje de sólidos solubles de frutos de papaya evaluados en diferentes días durante el almacenamiento a temperatura ambiente (A) y frutos mantenidos temperatura ambiente luego del almacenamiento a 14°C durante 14 días (B).

( $p=0,0066$ ), sin diferencias significativas entre los grados 1, 2 y 3.

En el caso de la papaya con grado 0 de maduración y almacenada a temperatura ambiente, aunque inició con un menor contenido de sólidos solubles en comparación con los restantes grados, al final del proceso lo niveló, no así la fruta con grado 0 almacenada a 14°C, que finalizó con menores contenidos de azúcares totales en relación con los otros grados. Al respecto autores como Paull et al. (1997) y Kader (2002) señalan que la papaya acumula los azúcares en la etapa final de su desarrollo en el campo, por lo que

los frutos se deben cosechar hasta que presenten un mínimo de color amarillo, de lo contrario, la maduración no es la adecuada y no llegan a alcanzar los azúcares mínimos requeridos para que tengan buen sabor, lo que quizás es más limitante con el almacenamiento a 14°C.

### Acidez titulable

La acidez titulable al momento de cosecha, fue muy parecida entre los diferentes grados y prácticamente no cambió durante el proceso de maduración, registrándose valores entre 0,04

y 0,07 para la fruta almacenada a temperatura ambiente y 0,03-0,07 en la fruta conservada a 14°C y luego mantenida a temperatura ambiente

(Figura 6A y 6B), lo que coincide con lo encontrado por Gómez et al. (2002), citados por Sañudo et al. (2008).

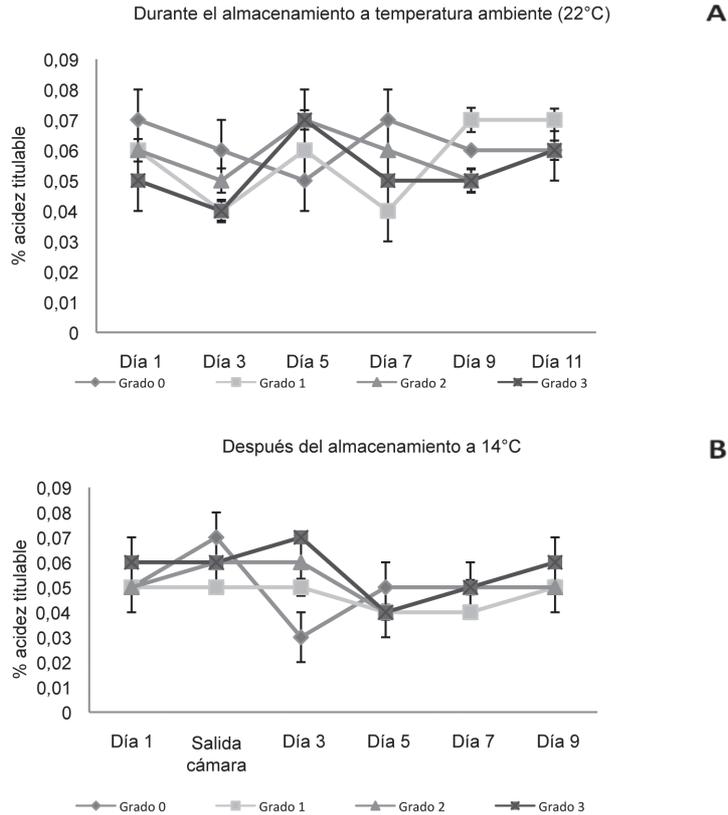


Fig. 6. Acidez (%) de frutos de papaya evaluados en diferentes días durante el almacenamiento a temperatura ambiente (A) y frutos mantenidos a temperatura ambiente luego del almacenamiento a 14°C durante 14 días (B).

## LITERATURA CITADA

- AN J.F., PAULL R.E. 1990. Storage temperature and ethylene influence on ripening on papaya fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115(6):949-953.
- BRON I., JACOMINO A. 2006. Ripening and quality of 'Golden' papaya fruit harvested at different maturity stages. *Braz. J. Plant Physiol.* 18 (3):389-396.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1993. Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. Manual de capacitación. Colección FAO: Capacitación, N° 17/2. Consultado en octubre 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/T0073S/T0073S00.htm>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. Agricultural Data: FAOSTAT. Papayas. Consultado en enero 2011. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- GONZÁLEZ C. 1997. Determinación de los problemas de la calidad de la papaya (*Carica papaya*) comercializada

- por una empresa proveedora de supermercados. Propuesta de solución a los problemas prioritarios. Práctica dirigida realizada para optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agronómica con énfasis en Fitotecnia, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 119 p.
- GUILLÉN J. 2002. Perfil de negocios de jugo concentrado de papaya hacia el mercado de Estados Unidos. Consultado en octubre 2010. Disponible en: <http://www.minec.gobs.sv/perfilesic/perfil20papaya20E.U.2006-11.pdf>.
- GUZMÁN G. 1998. *Carica papaya* (Caricaceae) Serie: Cultivos no tradicionales. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Consultado en octubre 2010. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec\\_papaya.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_papaya.pdf).
- KADER A. 1998. Maturity indices, quality factors, standarization, and inspection of horticultural products. Memorias Simposio Nacional Fisiología y Tecnología Poscosecha de Productos Hortícolas en México. México, D.F. p. 217-222.
- KADER A. 2002. Papaya. Recomendaciones para Mantener la Calidad Poscosecha. UDavis. USA. Consultado en enero 2011. Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Papaya.shtml>.
- MORA E., BOGANTES A. 2004. Evaluación de híbridos de papaya (*Carica papaya* L.) en Pococí, Limón, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 15(1):39-44.
- PAULL R. 1993. Pineapple and papaya, pp. 291-323. In: G.B. Seymour J.E. Taylor y G.A. Tucker (eds). *Biochemistry of Fruit Ripening*. Chapman & Hall.
- PAULL R., CHEN N. 1983. Postharvest variation in cell wall-degrading enzymes of papaya (*Carica papaya* L.) during fruit ripening. *Plant Physiology* 72:382-385.
- PAULL R., NISHIJIMA W., REYES M., CVALETTTO C. 1997. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). *Postharvest Biology and Technology* 11:165-179.
- ROCHA R.H.C., NASCIMENTO S.R.C., MENEZES J.B., NUNES G.H.S., SILVA E.O. 2005. Qualidade pós-colheita do mamão Formosa armazenado so refrigeração. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal (SP)* 27(3):386-389.
- SANTAMARÍA F., DÍAZ R., SAURI E., ESPADAS F., SANTAMARÍA J., LARQUÉ A. 2009. Características de calidad de frutos de papaya maradol en la madurez de consumo. *Agric. Téc. Méx.* 35(3):347-353.
- SANTOS E., CORREA S., CAVALLINI, M., VARGAS, H. 2005. Correlation between ethylene emission and skin colour changes durin papaya (*Carica papaya* L.) fruit ripening. Consultado en enero 2011. Disponible en: <http://www.edsciences.org/articles/jp4/pdf/2005/03/jp4125203.pdf>.
- SAÑUDO J., SILLER J., OSUNA T., MUY RANGEL D., LÓPEZ G., LABAVITCH J. 2008. Control de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) con 1-metilciclopropeno y ácido 2-cloroetil fosfónico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(2):141-147.
- TEIXEIRA J.A., RASHID Z., NHUT D., SIVAKUMAR D., GERA A., TEIXEIRA M., TENNANT P. 2007. Papaya (*Carica papaya* L.). *Biology and Biotechnology. Tree and Forestry Science and Biotechnology* 1 (1): 47-73.
- WILLS R., McGLASSON B., GRAHAM D., JOYCE D. (Ed.). 1998. Fisiología y bioquímica, pp. 29-51. In: *Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales*. Acribia.

