

Fisiología y atributos de calidad de la guayaba “pera” (*Psidium guajava* cv.) en poscosecha

Postharvest Physiology and Quality Attributes in Guava “pear” (*Psidium guajava* cv.)

Nelson Gutiérrez Guzmán⁽¹⁾, Saul Dussan Sarria⁽²⁾, Jennifer Castro Camacho⁽³⁾

⁽¹⁾ Doctor en Tecnología de Alimentos. Profesor Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia. Huila. ngutierrezg@usco.edu.co

⁽²⁾ Doctor en Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Colombia. sdussans@palmira.unal.edu.co

⁽³⁾ Ingeniera Agrícola, Investigador Grupo Agroindustria Usco. Jeka141285@hotmail.com

Recibido 11 de abril de 2011, aprobado 12 de noviembre de 2012.

Palabras claves

Almacenamiento, índice de madurez (IM).

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la fisiología de la madurez en frutos de guayaba “pera” (*Psidium guajava* cv.) cosechados al norte del departamento del Huila en Colombia, recolectados en tres estados de madurez, y mantenidos en dos condiciones de almacenamiento. Se evaluaron los índices de madurez hasta el momento de consumo. La pérdida de peso presentó una tendencia lineal y la firmeza una tendencia logarítmica; el contenido de sólidos solubles se incrementó y el contenido de ácido cítrico disminuyó; la tasa respiratoria en condiciones ambientales osciló entre 60 y 100 mL CO₂ • kg⁻¹ • h⁻¹ y la crisis climática inició a las 50 horas, mientras que en almacenamiento refrigerado se presentó entre las 75 y 90 horas, produciendo entre 15 y 20 mL CO₂ • kg⁻¹ • h⁻¹.

Key words

Maturity index (MI), storage.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the maturity physiology in pear guava fruits (*Psidium guajava* cv.) harvested in the north of the Huila department in Colombia at three different stages of maturation, and under two storage conditions. The maturity fruit indices were assessed until the fruit reached consumption maturity. The weight losses described a linear model and the firmness showed a logarithmic model, the total soluble solids content (TSS) increased, whereas citric acid contents decreased; the respiratory rate under ambient conditions ranged from 60 to 100 mL CO₂ • kg⁻¹ • h⁻¹ and the climacteric crisis began at 50 hours whereas under refrigerated storage between 75-90 hours producing between 15 y 20 mL CO₂ • kg⁻¹ • h⁻¹.

INTRODUCCIÓN

En Colombia el cultivo de guayaba está tomando gran importancia principalmente por el aumento del consumo de fruta fresca, debido a las recomendaciones de nutricionistas y dietistas; en algunas regiones, a la guayaba se le conoce con el nombre de “fruta reina” por su importante valor nutritivo y por ser excelente fuente de ácido ascórbico, precursor de las vitaminas C, A, tiamina, riboflavina y ácido nicotínico; así como de los minerales calcio, hierro y fósforo, además de carbohidratos [1]. Hoy en día están sembradas en Colombia más de 22000 ha de guayaba que producen cerca de 440000 ton de fruta [2], de las cuales una parte se destina para producción de dulces y zumos, pero la mayor parte de la producción nacional se comercializa como fruta fresca.

Durante el desarrollo fisiológico de las frutas, se distinguen tres etapas consecutivas perfectamente diferenciadas: creci-

miento, maduración y senescencia; el crecimiento comprende los periodos de división celular y posterior crecimiento celular; así mismo, entre las etapas de crecimiento y maduración se presentan un traslape durante el cual se suceden simultáneamente el crecimiento celular y el inicio de las reacciones típicas de la maduración. Al periodo en el cual se presenta maduración sin crecimiento se le conoce con el nombre de “ripening” que, en los frutos climatéricos, coincide con el inicio de la crisis climática [3] y que puede considerarse como el periodo óptimo para realizar tratamientos poscosecha destinados a conservar el fruto, antes del inicio de la crisis climática [4]. El desconocimiento de la fisiología de la madurez en frutos de la guayaba pera (*Psidium guajava* cv.), obliga a los productores a recolectar en los periodos en los que se ha completado la madurez fisiológica e iniciado la madurez comercial o de consumo, dando como resultado

periodos muy cortos para las operaciones de transporte, almacenamiento y distribución del producto, lo que es equivalente a una vida útil muy corta, limitando la presentación del producto a mercados locales con precios poco atractivos.

La necesidad de conocer el desarrollo de la fisiología de la madurez en diferentes tipos de frutas, ha promovido la realización de investigaciones en función de diferentes índices de madurez en frutas como la fresa [5], mango [6,7], manzana [8], naranja [9], arazá [10] y en diferentes variedades de guayaba [11, 12]; en todos los casos, el conocimiento de los periodos en los cuales se suceden las reacciones típicas de la maduración, permiten presentar recomendaciones de recolección anticipada y manejo poscosecha para aumentar la vida útil de los productos.

El objetivo de esta investigación es evaluar la fisiología de la madurez de la guayaba (*Psidium guajava cv.*), de la variedad pera cultivada en el norte del departamento del Huila en Colombia, basado en indicadores de la madurez y desarrollo fisiológico como son: color, tamaño, firmeza de la piel, contenido de azúcares, acidez titulable y tasa de respiración, y su comportamiento en almacenamiento a condiciones ambientales y almacenamiento refrigerado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de guayaba pera (*Psidium guajava cv.*) se recolectaron en dos cultivares ubicados en la vereda Los Medios, municipio de Rivera (Huila), con una temperatura media de 25 °C y una altura de 600 m.s.n.m. Se recolectaron guayabas en tres estados de desarrollo fisiológico: recolección tradicional que corresponde a un periodo de 120 días después de la floración y es el momento en que tradicionalmente el fruto se recolecta, recolección temprana 112 días: corresponde a frutos cosechados 112 días después de la floración y recolección temprana 110 días que corresponde a frutos cosechados 110 días después de la floración. Se definieron seis tratamientos en función del estado de desarrollo fisiológico y el tipo de almacenamiento así: T1Amb., correspondiente a recolección tradicional almacenado a condiciones ambientales, T2Amb., correspondiente a recolección temprana 112 días almacenado a condiciones ambientales, T3Amb., que corresponde a recolección temprana 110 días a condiciones ambientales, T1Ref., correspondiente a recolección tradicional almacenado bajo refrigeración, T2Ref., correspondiente a recolección temprana 112 días almacenado bajo refrigeración y T3Ref., que corresponde a recolección temprana 110 días bajo refrigeración. En todos los casos, se recolectaron frutos sanos excluyendo los que presentaban daño mecánico o atacado por insectos. Se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento en todas las variables de respuesta, las muestras para cada ensayo contenían aproximadamente 10 kg de fruta de los cuales, 5 kg se destinaron a realizar los ensayos de caracterización a la llegada al laboratorio y pruebas de producto almacenado en condiciones ambientales ($T = 26^{\circ}\text{C}$

y 58 % HR) y, los restantes 5 kg, se destinaron a las pruebas en almacenamiento refrigerado ($T = 7,5^{\circ}\text{C}$ y 85 % HR). Las muestras fueron recolectadas en las primeras horas de la mañana y trasladadas al laboratorio en canastillas plásticas en las siguientes dos horas después de la recolección.

En todos los tratamientos se realizaron mediciones diarias hasta que el producto alcanzó la madurez límite de consumo, las variables evaluadas correspondieron a: pérdida de peso utilizando una balanza eléctrica modelo SL 8000 Scientech; firmeza de la piel mediante ensayos de penetración para evaluar fuerza máxima (kgf), utilizando un penetrómetro PCE-PTR 200 controlado por microprocesador; como indicador del contenido de azúcares se determinó el contenido de sólidos solubles totales en las frutas (SST), utilizando el índice refractométrico (°Brix) mediante el uso de un refractómetro digital marca ATAGO Modelo Pocket Pal- α 3840; el contenido de acidez titulable que, representa el porcentaje de ácido cítrico en la fruta, se determinó de acuerdo a la norma NTC-4623/99 [13] titulando con una solución de NaOH 0,1 N. Para la determinación de la tasa de respiración se utilizó el método estático [14], que consistió en colocar tres frutos enteros en un recipiente de vidrio impermeable y de volumen conocido. Después de transcurrida una hora, del espacio de cabeza fue tomada una alícuota de 1mL e inyectada en un cromatógrafo de gases marca Shimadzu GC-204, equipado con una columna HP PLOT/Q (30 m x 0,53 mm DI) y un detector de termoconductividad (TCD), las temperaturas de trabajo en el cromatógrafo fueron de 30°C para el horno y de 100°C para el detector, se usó Helio como gas portador a un flujo de 8 mL \cdot min⁻¹. La concentración de CO₂ de las muestras se calculó por comparación con un patrón de concentración conocida, y los resultados se expresaron como mL \cdot kg \cdot h⁻¹.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

La Figura 1 presenta la evolución de la pérdida de peso de la guayaba pera para los tres tratamientos en las dos condiciones de almacenamiento, en casi todos los casos, la fruta pierde peso de manera constante a medida que avanza el almacenamiento poscosecha, a excepción del tratamiento T1Ref., en el que la pérdida de peso es casi imperceptible. Las pendientes para el caso de los tres tratamientos almacenados bajo refrigeración son menos pronunciadas, lo que indica la afectación de la temperatura de almacenamiento sobre la pérdida de peso de la fruta. La pérdida de peso de la fruta puede atribuirse a pérdida de agua y compuestos volátiles mediante transpiración [15].

En la Tabla 1 se presentan los coeficientes de determinación (r^2) para las relaciones lineales con orden de reacción cero a las que se ajustan las pérdidas de peso en cada una de las seis condiciones evaluadas, en la que se puede observar la pérdida de peso constante a medida que avanza el proceso de maduración y se comprueba que las pendientes de los tres tratamientos almacenados en refrigeración son menores que

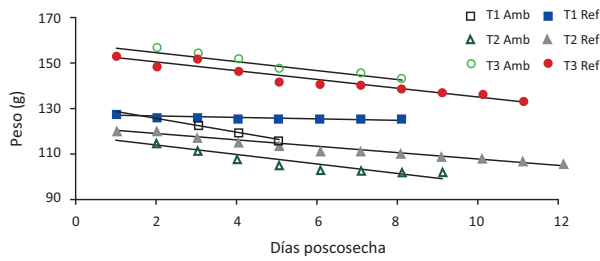


Figura 1. Pérdida acumulada de peso en guayaba pera durante el almacenamiento en tres estados de maduración y dos condiciones de almacenamiento

las pendientes de los tratamientos almacenados en condiciones ambientales. Es importante destacar que en el tratamiento T1 almacenado en refrigeración se obtuvo el coeficiente de determinación por debajo de 0,5 debido a fluctuaciones de peso (ganancia-pérdida) del producto en un instante del almacenamiento, debido a condensación de vapor de agua sobre la superficie de los frutos.

Tabla 1. Funciones lineales y coeficiente r² en pérdida de peso de guayaba pera

Tratamiento	Función lineal	r ²
T1Amb.	-2.9634x + 131.28	0,9904
T2Amb.	-2.1809x + 118.87	0,892
T3Amb.	-1.9751x + 158.35	0,8093
T1Ref.	-0.2152x + 127.04	0,4564
T2Ref.	-1.3331x + 121.41	0,9556
T3Ref.	-1.9631x + 154.4	0,9272

La evolución de la firmeza de la guayaba en función del tiempo de almacenamiento presentó un comportamiento de tipo logarítmico (Figura 2) indicando que a medida que avanza el proceso de maduración, el fruto presenta menores valores de fuerza requerida para romper la piel traducidos en ablandamiento del producto.

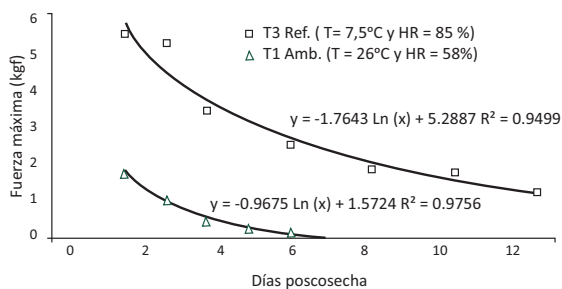


Figura 2. Evolución poscosecha de la firmeza en guayaba peras para T1Amb. yz T3Ref.

La figura 3 presenta la evolución típica de los indicadores de madurez relacionados con la relación acidez-dulzura para la guayaba pera recolectada tempranamente y almacenada a condiciones ambientales, en todos los tratamientos evaluados este fue el comportamiento típico presentando un incremento progresivo de los azúcares (SST) y una disminución simultánea del ácido cítrico a medida que avanza el almacenamiento.

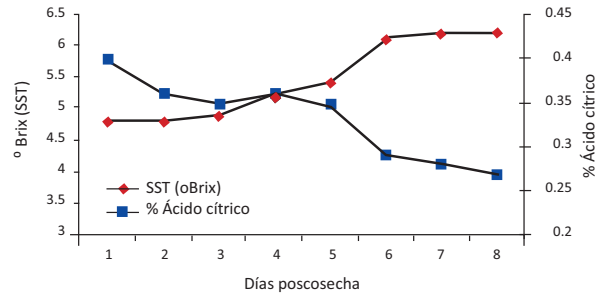


Figura 3. Evolución del contenido de sólidos solubles totales (SST) y % ácido cítrico en guayaba pera para T1Ref.

La evolución de la relación dulzura-acidez que constituye el índice de madurez (IM) de la fruta para todos los tratamientos evaluados está presentada en la figura 4, este indicador evoluciona de manera muy similar para almacenamiento en condiciones ambientales como para almacenamiento refrigerado, aunque en almacenamiento bajo refrigeración, los valores de IM para consumo se alcanzan a tiempos más largos por efecto retardante de la refrigeración sobre las reacciones típicas de madurez. La evolución y los valores del índice de madurez encontrados coinciden con la evolución en la relación SST/AT reportados para guayabas de variedad “Pedro Sato” [16]; para otras variedades de guayaba, se han reportado valores de índice de madurez en el rango 8 -18 dependiendo de la variedad [17, 18, 19] y en otros casos se han reportado valores de índices de madurez en guayaba superiores a 30 [20], aunque para su consumo en fresco no necesariamente se requiere que la fruta alcance los más altos índices de madurez reportados.

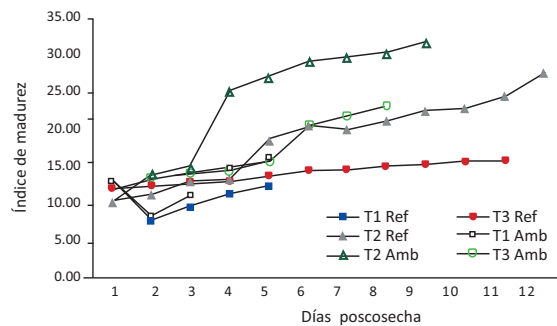


Figura 4. Evolución del IM en guayaba pera para los seis tratamientos evaluados

La comparación de la intensidad respiratoria para todos los tratamientos evaluados está presentada en la Figura 5, donde se observa un fuerte cambio en el comportamiento del parámetro en las dos condiciones de almacenamiento, poniendo de manifiesto el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la tasa respiratoria de la fruta; en condiciones del ambiente del laboratorio ($T= 26^{\circ}\text{C}$ y $\text{HR}= 58\%$), el producto presenta mayores tasas de producción de CO_2 y la crisis climatérica se inicia a las 50 horas y el pico climatérico se presenta a las 60 horas de almacenamiento, llegando a producir entre 60 y 100 $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, situación que limita la vida útil del producto. En el almacenamiento refrigerado ($T= 7,5^{\circ}\text{C}$ y $\text{HR}= 85\%$), el ascenso climatérico se inicia entre las 75 y 90 horas de almacenamiento y el pico climatérico se presenta a las 100 horas de almacenamiento, produciendo solamente entre 15 y 20 $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Este comportamiento diferencial en la tasa de respiración en guayaba, junto como los niveles de producción de CO_2 coinciden con los reportados en bibliografía [21]. Así mismo, el incremento de la tasa respiratoria en frutas para incrementos de 10°C en la temperatura de almacenamiento se define como el coeficiente Q_{10} [22], los valores aquí encontrados para las temperaturas $7,5^{\circ}\text{C}$ y 20°C , corresponden a incrementos entre 2 y 4 veces los valores de tasa respiratoria, confirmando lo expresado por el índice Q_{10} .

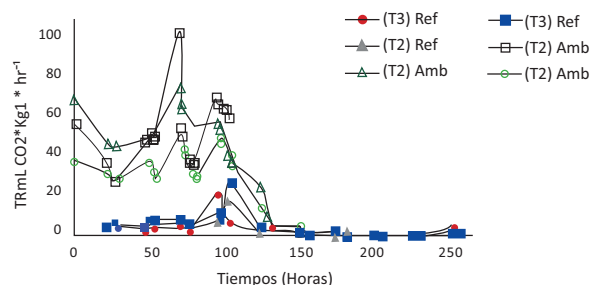


Figura 5. Evolución de la tasa respiratoria (TR) en guayaba pera para los seis tratamientos evaluados

CONCLUSIONES

Durante la recolección tradicional del fruto como en los ensayos de recolección temprana, se presentaron los cambios bioquímicos típicos del proceso de maduración de frutos climatéricos, coincidiendo con lo reportado en todas las investigaciones consultadas que definieron distintas variedades de guayaba como un fruto climatérico.

Los valores de IM encontrados durante el proceso de maduración de la guayaba pera oscilaron en el rango 10 - 32, coincidiendo con los reportados en la bibliografía, los valores

más ajustados a la relación dulzura-acidez que se presenta en la recolección tradicional fue encontrada en el tratamiento recolectado a los 110 días después de la floración en ambos tipos de almacenamiento.

Se comprobó el efecto del almacenamiento bajo refrigeración sobre la tasa de respiración (TR) de la fruta, pues en los ensayos realizados, almacenando el producto a temperatura ambiente, el inicio de la crisis climatérica se presentó a las 60 horas, mientras que en los mismos ensayos almacenados en ambiente refrigerado, se presentó un considerable retraso en el inicio de la crisis climatérica hasta las 100 horas después de la recolección. De igual forma, en los frutos almacenados en el ambiente del laboratorio, los máximos valores de producción de CO_2 estuvieron en el rango 75 -100 $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ y, en el caso de los frutos almacenados en ambiente refrigerado, los máximos valores de tasa respiratoria no superaron los 30 $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

En su conjunto, los índices de desarrollo fisiológico evaluados y su comportamiento durante el almacenamiento permiten afirmar que es posible recolectar anticipadamente a los periodos en los que tradicionalmente se recolecta el fruto, debido a que una vez desprendido del árbol, el fruto continúa realizando las reacciones típicas del proceso de maduración hasta alcanzar la madurez de consumo. Así mismo, si se recolecta el fruto entre 8 y 10 días antes de la recolección tradicional es posible almacenar el producto en condiciones de refrigeración hasta 12 días después de la recolección permitiendo su transporte hasta mercados especializados en donde es posible obtener mejores precios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Yusof and S. Mohamed. "Physico-chemical changes in guava (*Psidium guajava* L.) during development and maturation". *Journal of the science of food and agriculture*. J. Sci. Food Agric., Vol. 38 No. 1 Jan, 1987, pp. 31 - 39
- [2] "Plan de choque para combatir el Picudo de la Guayaba". ICA - Instituto Colombiano Agropecuario. Fecha de consulta mayo 2011. Disponible en: www.ica.gov.co.
- [3] R. Wills, H. Lee, B. Mc Glasson, D. Graham. *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas postrecolección*. Zaragoza España: Acribia, 1984, pp. 18 - 41
- [4] M.D. Ortola. *Postrecolección e industrialización de frutas y hortalizas*. Valencia España: Universidad Politécnica de Valencia, 2002, pp. 1 - 5
- [5] Y. Shin, J. Ryu, L.R. Hai, J. Nock, C. Watkins. "Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit". *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 49, Issue 2, Aug, 2008, pp. 201 - 209

- [6] S. Saranwong, J. Sornsrivichai, S. Kawano. "Prediction of ripe-stage eating quality of mango fruit from its harvest quality measured nondestructively by near infrared spectroscopy". *Postharvest Biol. Tec.* Vol. 31 No. 2 Feb, 2004, pp. 137 - 145
- [7] S. N. Jha, S. Chopra, A.R. Kingsly. "Modeling of color values for nondestructive evaluation of maturity of mango". *Journal J. Food Eng* Vol. 78, Issue 1, Jan, 2007, pp. 22 - 26
- [8] I. Iglesias, G. Echeverria, Y. Soria. "Differences in fruit colour development, anthocyanin content, fruit quality and consumer acceptability of eight 'Gala' apple strains". *Sci. Hortic-Amsterdam*. Vol. 119, Issue 1, Dec, 2008, pp. 32 - 40
- [9] J. Cayuela, C. Weiland. "Intact oranges quality prediction with two portable NIR spectrometers". *Postharvest Biol. Tec.* Vol. 58, Issue 2, Nov, 2010, pp. 113 - 120
- [10] M.S. Hernández, O. Martínez, F.P. Fernandez-Trujillo. "Behavior of arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) fruit quality traits during growth, development and ripening". *Sci. Hortic-Amsterdam*. Vol. 111, Feb, 2007, pp. 220 - 22
- [11] A. Cañizares, D. Laverde, R. Puesme R. "Crecimiento y desarrollo del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.), en Santa Barbara, Estado de Monagas Venezuela". *Revista UDO Agrícola*. Vol. 3 No. 1 Enero - Diciembre 2003. pp. 34 - 38
- [12] M. Azzolini, A. Jacobino, I. Urbano. "Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação" *Pesqui. Agropecu. Brás.* Vol. 39, No. 2, Feb, 2004. pp.139 - 145
- [13] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. *Norma Técnica Colombiana. NTC 4623. Productos de frutas y verduras. Determinación de acidez titulable*. Bogotá: ICONTEC, 1999. pp. 1 - 7
- [14] M. E. Salveit, A.R. Sharif. "Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality". *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* Vol. 117 No. 5, September 2002, pp. 793 - 798
- [15] J. A. Barreiro y A.J. Sandoval. *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. Estado Miranda Venezuela: Equinoccio, 2006, pp. 14
- [16] M. Azzolini, A. Jacomino, P. Urbano, I. Bron, R. Kluge, M. Aparecida. "Ripening of "Pedro Sato" guava: study on its climacteric or non-climacteric nature" *Braz. J. Plant Physiol.* Vol. 17 No.3, Jul - Sep 2005, pp. 299 - 306
- [17] R. Andrade, F. Ortega, E. Montes, R. Torres, O. Pérez, M. Castro, L. A. Gutiérrez. "Caracterización Físico-química y Reológica de la Pulpa de Guayaba (*Psidium Guajava* L.) Variedades Híbrido de Klom Sali, Puerto Rico, D14 Y Red". *Revista VITAE, Vitae-Colombia*. Vol. 16, No. 1, Enero - Abril 2009, pp. 13 - 18
- [18] A. Silva, C. Cortés, B. Yahuaca. 2006. "Evolución de Indicadores de Calidad de Guayaba Almacenada en Frigorífico". *Revista DES. Des.* Vol. 1, Oct, 2006, pp. 5 - 11
- [19] N. Laguado, M. Marin, E. Perez, C. Alvarado. "Características físicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla Roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales". *Revista Facultad de agronomía Universidad de Zulia*. Vol. 16 No. 4, Julio - Agosto, 1999, pp. 382 - 387
- [20] L. Rodríguez, L. Lopez, M. Garcia. "Determinación de la Composición Química y Actividad Antioxidante en Distintos Estados de Madurez de Frutas de Consumo Habitual en Colombia, Mora (*Rubus Glaucus* B.), Maracuyá (*Passiflora Edulis* S.), Guayaba (*Psidium Guajava* L.) y Papayuela (*Carica Cundinamarcensis* J.)". *Revista Alimentos Hoy*. Vol. 21, No. 1, Enero - Diciembre 2010, pp. 35 - 42
- [21] "Guava. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality". Kader, Adel. University of California, Davis. Consultado el 12 de enero de 2011, Disponible: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Producefacts/Espanol/ProduceFacts-espanol.shtml>
- [22] M.I. Chitarra, A.B. Chitarra. *Pós-Colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio*. São Paulo Brasil: Lavras, 2005, pp. 54 - 63