

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

COMPORTAMIENTO POSCOSECHA Y FUNCIONAL DE MATERIALES
GENÉTICOS DE GUAYABO DEL PAÍS (*Acca sellowiana* (O. Berg.) Burret) Y
ARAZÁ (*Psidium cattleianum* Sab)

por

Mariana URRABURU BORDÓN

TESIS presentada como uno
de los requisitos para
obtener el título de Magíster
en Ciencias Agrarias opción
Ciencias Vegetales

MONTEVIDEO
URUGUAY
diciembre 2017

Tesis aprobada por el tribunal integrado por la MSc Ing. Agr. Fernanda Zaccari, PhD
Cassandro Amarante y PhD Sergio Tonetto de
Freitas el 15 de noviembre 2017. Autor: Mariana Urraburu. Directora Dra. Ana
Cecilia Silveira, co-director PhD Roberto Zoppolo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis Directores por acompañarme en mi crecimiento. A Ana por ser mi guía y mi referente, mi apoyo para avanzar en el área de la poscosecha. Gracias por tu disposición, tu energía y tus ganas de ir hacia delante y hacer posible este trabajo. A Roberto por su apoyo, su buena disposición y por confiar en mí para avanzar en el conocimiento de los frutos nativos. Sin tu apoyo tampoco hubiera sido posible.

A Cristian por acompañarme en todo momento, como siempre, en este proyecto y en muchos más. Gracias por tu paciencia, y tus sabios y sanos consejos.

A Be, por interesarse y acompañarme, y ser parte de mi mundo de la agronomía. Contigo siempre es más divertido!

A Danilo Cabrera por su apoyo, sus sugerencias y comentarios, siempre apropiados y justos, y por estar durante todo el proceso. Que suerte la mía tenerte de vecino!!

A Fernanda Zaccari por su interés en este trabajo. Tus aportes fueron muy importantes y permitieron mejorarlo.

A Encarna Aguayo por recibirme en Cartagena, ayudarme, apoyarme y mostrarme otra realidad de la poscosecha. Fue una experiencia inolvidable.

A INIA por la posibilidad de crecer y darle el primer rumbo a mi profesión.

A Betty Mandl por ayudarme a compatibilizar y seguir adelante con todo. Gracias por facilitarme el camino.

A Cassandro y a Sergio por hacer de la defensa final una agradable instancia más de aprendizaje.

TABLA DE CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN..... | II |
| AGRADECIMIENTOS..... | III |
| RESUMEN..... | VI |
| SUMMARY..... | VII |
| 1. <u>INTRODUCCIÓN</u> | 1 |
| 2. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> | 8 |
| 2.1 MATERIAL VEGETAL..... | 8 |
| 2.2 CONSERVACIÓN..... | 10 |
| 2.3 DETERMINACIONES..... | 11 |
| 2.3.1 <u>Textura de fruto</u> | 12 |
| 2.3.2 <u>Tasa de respiración</u> | 13 |
| 2.3.3 <u>Tasa de emisión de C₂H₄</u> | 13 |
| 2.3.4 <u>Pérdida de peso (PP)</u> | 14 |
| 2.3.5 <u>Contenido de Sólidos Solubles Totales (SST) y Acidez Titulable (AT)</u> | 15 |
| 2.3.6 <u>Color de la epidermis</u> | 15 |
| 2.3.7 <u>Polifenoles Totales (PT)</u> | 16 |
| 2.3.8 <u>Capacidad Antioxidante Total (CAT)</u> | 17 |
| 2.3.9 <u>Vitamina C</u> | 18 |
| 2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | 18 |
| 3. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> | 20 |
| 3.1 GUAYABO..... | 20 |
| 3.1.1 <u>Textura de fruto</u> | 20 |
| 3.1.2 <u>Tasa de respiración</u> | 28 |
| 3.1.3 <u>Tasa de emisión de C₂H₄</u> | 36 |
| 3.1.4 <u>Pérdida de Peso (PP)</u> | 43 |
| 3.1.5 <u>Contenido de Sólidos Solubles Totales (SST) y Acidez</u> | 49 |

| | |
|--|-----|
| <u>Titulable (AT)</u> | |
| 3.1.6 <u>Color de la epidermis</u> | 61 |
| 3.1.7 <u>Polifenoles Totales (PT)</u> | 71 |
| 3.1.8 <u>Capacidad Antioxidante Total (CAT)</u> | 79 |
| 3.1.9 <u>Vitamina C</u> | 86 |
| 3.2 <u>ARAZÁ</u> | 92 |
| 3.2.1 <u>Textura de fruto</u> | 92 |
| 3.2.2 <u>Tasa de respiración</u> | 96 |
| 3.2.3 <u>Contenido de Sólidos Solubles Totales (SST)</u> | 100 |
| 3.2.4 <u>Pérdida de Peso (PP)</u> | 104 |
| 3.2.5 <u>Color de la epidermis</u> | 110 |
| 3.2.6 <u>Polifenoles Totales (PT)</u> | 119 |
| 3.2.7 <u>Capacidad Antioxidante Total (CAT)</u> | 123 |
| 4. <u>CONCLUSIONES</u> | 127 |
| 5. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> | 129 |
| 6. Postharvest and functional behavior of some Feijoa genetic materials..... | 150 |

RESUMEN

El objetivo de esta tesis fue caracterizar química, física, nutricional, funcional y metabólicamente los frutos de seis materiales genéticos de guayabo del país (*Acca sellowiana* (O. Berg.) Burret), identificados como 95, 97, 98, 152, 153 y 154, uno de arazá amarillo (*Psidium cattleianum* var. *lucidum* Hort) y uno de arazá rojo (*Psidium cattleianum* var. *cattleianum*) identificados como 24 y 63 respectivamente. También determinar el estado óptimo de madurez de cosecha de los frutos con destino a conservación. Los guayabos se conservaron durante 0, 15 y 30 días (5 °C y 95% HR) y 7 días de vida de mostrador (18 °C y 80% HR), y los arazá durante 0, 7 y 14 días (12 °C y 95% HR) y 2 días de vida de mostrador (18 °C y 80% HR). Los frutos de guayabo se cosecharon en dos temporadas (2015 y 2016), y dos estados de madurez (M1: difícil de remover de la planta, M2: ‘touch picking’), y los de arazá en la temporada 2016, en tres estados de madurez (M1: sobrecolor de baja intensidad y color de fondo verde, M2: sobrecolor de media intensidad y color de fondo amarillo, y M3: sobrecolor intenso que cubre totalmente el fruto). En los frutos de guayabo, tanto la tasa respiratoria como la producción de C₂H₄, medidas cada 3 días, presentaron alzas que responden a un comportamiento climatérico. Las pérdidas de firmeza y de peso aumentaron con el transcurso de la conservación refrigerada y vida de estante. Los frutos cosechados en M1 fueron entre 7 y 34% más firmes que los en M2. Los materiales a destacar fueron el 95 por su menor actividad metabólica y mayor firmeza, el 98 por su mayor firmeza y mayor contenido de vitamina C, y el 152 por su mayor contenido de PT y CAT. Los frutos de arazá amarillo registraron tasas respiratorias máximas luego de 14 días a 12 °C, mientras que los de arazá rojo luego de 4 días (respuesta más típica climatérica). Los arazá rojos fueron los frutos en los que fue más claro el beneficio de cosechar en estado M1. El color resultó un buen índice de madurez para determinar la cosecha en arazá, no así en guayabo.

Palabras clave: frutos nativos, conservación refrigerada, firmeza, actividad metabólica, compuestos bioactivos.

SUMMARY: POSTHARVEST AND FUNCTIONAL BEHAVIOR OF DIFFERENT GENETIC MATERIALS OF FEIJOA (*Acca sellowiana* (O. Berg.) Burret) AND ARAZÁ (*Psidium cattleianum* Sab)

The objective of this thesis was to characterize chemically, physically, nutritionally, functionally and metabolically the fruits of six genetic materials of feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg.) Burret), identified as 95, 97, 98, 152, 153 and 154, one yellow arazá (*Psidium cattleianum* var. *lucidum* Hort) and one red arazá (*Psidium cattleianum* var. *cattleianum*) identified as 24 and 63 respectively. Also to determine the optimum harvest maturity for fruits that will be stored. Feijoa fruits were stored for 0, 15 and 30 days (5 ° C and 95% RH), plus 7 days of shelf life (18 ° C, 80% RH) and araza fruits for 0, 7 and 14 days (12 ° C and 95% RH), followed by 2 days of shelf life (18°C and 80% HR). Feijoa fruits were harvested in 2015 and 2016, in two maturity stages (M1: difficult to remove from the plant, M2: 'touch picking'), and araza fruits in 2016, in three maturity stages (M1: low intensity blush color and green background color, M2: medium intensity blush color and yellow background color, and M3: intensive blush color that completely covers the fruit). In feijoa fruits, both respiratory rate and ethylene production, measured every 3 days, showed an increase characteristic of climacteric fruit. Loss of fruit firmness and weight loss increased during cold storage. Fruits harvested in M1 were between 7 and 34% firmer than those in M2. The materials to be highlighted were 95 due to its lower metabolic activity and higher firmness, 98 due to its higher firmness and higher vitamin C content, and 152 due to its higher TP and TAC content. Yellow araza fruits showed the maximum respiratory rates after 14 days at 12 ° C, and after 4 days in red araza fruits (a more typical climacteric response). The red araza were the fruits in which the benefit of harvesting in M1 state was clearer. The color was a good maturity index to determine harvest time in arazá, but not in feijoa fruits.

Keywords: native fruits, cold storage, firmness, metabolic activity, bioactive compounds.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de desarrollo de conocimiento de los frutos nativos de Uruguay, es relativamente reciente, habiendo comenzado las prospecciones nacionales para la búsqueda de materiales genéticos de interés en el año 2000. Estos frutos presentan características propias que los diferencian de otras especies, como su sabor, aroma, color, haciendo que los mismos posean “valor agregado” natural (Feippe et al., 2008). Sus propiedades intrínsecas han colaborado en aumentar el interés del consumidor y la industria por estos frutos, lo cual hace posible que se apueste a su desarrollo como otra especie alternativa dentro de la producción frutícola nacional. Dentro de las de interés aparecen las de la familia Myrtaceae que incluyen a: “guayabo del país” (*Acca sellowiana* (O. Berg.) Burret) a partir de aquí referido como guayabo; “pitanga” (*Eugenia uniflora* L.); “arazá” (*Psidium cattleianum* Sab) y “guaviyú” (*Myrcianthes pungens* (Berg) Legr), donde las más conocidas y en las que se ha trabajado más a nivel nacional son el guayabo y el arazá, que se estudian en este trabajo.

El guayabo es un pequeño árbol o arbusto originario del norte de Uruguay y sur de Brasil, con potencial frutícola, medicinal y ornamental (Cruz et al., 2012, Brussa y Grela, 2007), y que no solo es conocido en Uruguay sino que también en Brasil, principalmente en el sur, donde se lo denomina “goiabeira-serrana”. Los frutos son aptos para el consumo en fresco, y además de su distintivo sabor y aroma, presentan características nutricionales de interés, ostentando cantidades de vitamina C comparables a la naranja, con valores de entre 40 y 60 mg 100 g⁻¹ (Sdiri et al., 2012) y también altos tenores de yodo (3 mg 100 g⁻¹) (Cacioppo, 1988). Esta fruta se utiliza además para la elaboración de dulces, mermeladas, jaleas y licores. Actualmente la producción comercial significativa de guayabo se limita a Nueva Zelanda, Georgia, Azerbaiyán, Colombia y California (Dos Santos et al., 2009).

Los frutos de guayabo tienen grandes cantidades de bioflavonoles, polifenoles como catequina, leucoantocianinas, proantocianidinas y naftoquinonas que le confieren muchos beneficios para la salud, ya que le da a los frutos características inmunológicas y antioxidantes (Karami et al., 2013, Weston, 2010, Ielpo et al.,

2000). Además Nakashima (2001), reportan que estos frutos tienen propiedades anticancerígenas y su consumo influye en la secreción de citoquinas en el intestino.

En un estudio realizado por Feippe et al. (2011) en 11 selecciones de guayabo de la Estación Experimental San Antonio, Facultad de Agronomía, Salto, el contenido de fenoles de los frutos estuvo entre 129 y 648 mg Equivalente Ácido Gálico (EAG) 100 g⁻¹ peso fresco (pf), y la actividad antioxidante entre 24 y 82% inhibición del difenil picrilhidrazilo (DPPH). Estos autores concluyen que los diferentes genotipos y estados de desarrollo introducen una variabilidad importante en cuanto a concentración de compuestos nutraceuticos en los frutos, que son definidos como aquellos componentes a los que se atribuyen funciones de mantenimiento y potenciación de la salud, como fenoles, vitaminas, enzimas y otras sustancias con efecto antioxidante (Montero y Fernández, 2007).

Desde el punto de vista de su actividad metabólica, estos frutos son clasificados como climatéricos (Biale et al., 1954), con una tasa de producción de etileno (C₂H₄) entre 0,1-0,4 µL kg⁻¹.h⁻¹ (mínimo climatérico) y 40-50 µL kg⁻¹. h⁻¹ (máximo climatérico) a 20 °C (Seymour et al., 1993), siendo comparable y en algunos casos superior a la de otros frutos climatéricos que presentan valores de emisión de 20 a 100 µL kg⁻¹. h⁻¹ en pera “William’s” y de 0,5 a 1,5 µL kg⁻¹. h⁻¹ en papaya (Sozzi, 2007, Akamine y Goo, 1979b). Su susceptibilidad al C₂H₄ exógeno es baja, siendo su efecto el de adelantar la maduración del fruto, con variación en la tonalidad del color verde y ablandamiento de la pulpa, sin afectar el sabor (Wills et al., 1998, Seymour et al., 1993).

La determinación del momento de cosecha es un factor clave y determinante de la duración del periodo poscosecha así como de la calidad de los frutos. Cuando éstos se cosechan prematuramente no desarrollan completamente su sabor y textura característicos; y cuando se deja la fruta demasiado tiempo en el árbol dará lugar a pérdidas considerables por golpes como resultado de la caída natural de los frutos al suelo (Quintero, 2012). En el caso del guayabo, su determinación resulta bastante difícil ya que los frutos no cambian significativamente el color de la cáscara durante la maduración. Por este motivo, es común encontrar gran variabilidad en las tasas de

maduración y comportamiento durante el almacenamiento, debido principalmente a la mezcla de diferentes grados de madurez (Schotsmans et al., 2011).

El método más práctico y confiable para determinar su madurez en cosecha ha sido la fuerza de retención de los frutos a las ramas. Según Seymour et al. (1993), la madurez óptima de cosecha se alcanza inmediatamente antes de su caída natural y se determina mediante “touch-picking”, que consiste en tirar suavemente del fruto para desprenderlo de la rama. Si es necesario ejercer mayor fuerza para su remoción, el fruto se considera inmaduro. Sin embargo, en trabajos realizados con variedades comerciales de guayabo, ha sido reportado que los distintos cultivares tienen diferentes tasas de maduración, como sucede en la mayoría de los productos vegetales. Los cultivares neozelandeses “Unique” y “Apollo” alcanzan plena madurez en el momento en que ocurre su caída del árbol, en cambio los frutos de los cultivares “Triumph” y “Gemini” maduran una vez fuera del árbol (Thorp y Bielecky, 2002).

En el estado de madurez correspondiente a “touch picking”, los frutos de guayabo pueden ser almacenados por 4 semanas a 4 °C y 90% de humedad relativa (HR) y 5-7 días a 20 °C, manteniendo buena calidad (Thorp y Klein, 1987). Sin embargo, en un estudio de Downs et al. (1988), se concluyó que frutos cosechados aplicando mayor fuerza para su remoción, son igualmente atractivos para el consumidor que los cosechados mediante “touch picking” luego de 4 semanas de almacenamiento. Estos estudios sugieren que el actual método de cosecha de guayabo se inclina hacia la obtención de frutos listos para su consumo y no capaces de soportar largos períodos de almacenamiento. En un estudio realizado por Rupavatharam et al. (2015), los frutos cosechados 2 semanas antes de “touch picking” (H_0), maduraron correctamente y fueron visualmente aceptables luego de 6 semanas de almacenamiento y 5 días de vida de estante, mientras que los frutos cosechados 4 semanas antes de H_0 se mostraron inmaduros (baja concentración de sólidos solubles y alta acidez) y no presentaron traslucencia de pulpa, y los frutos cosechados en H_0 manifestaron sobremadurez y oscurecimiento interno.

Después de ser cosechados, los guayabos maduran desde adentro hacia afuera; la fruta demasiado madura presenta pérdida de sabor (disminución de la

concentración de sólidos solubles y acidez) y oscurecimiento de la pulpa y de las semillas (Thorp y Klein, 1987). Durante el almacenamiento en frío y posterior vida útil poscosecha a temperatura ambiente, no todos los atributos de calidad cambian al mismo ritmo; el sabor es la primera característica que cambia notablemente y esto se asocia a la lenta disminución de la acidez y un pH más alto, y posiblemente una disminución de los azúcares (medido como contenido de sólidos solubles totales, SST) (Gallego-Corrales et al., 2003, Thorp y Klein, 1987). Típicamente se reporta reducción de la firmeza y una ligera coloración amarillenta de la piel durante el almacenamiento (Al-Harthy et al., 2008, Gallego-Corrales et al., 2003, Akerman et al., 1993).

La prolongación de la vida en almacenamiento de los productos vegetales usando bajas temperaturas (lo más cerca posible del punto más bajo que el producto puede resistir sin comprometer su calidad), se basa en la disminución de su intensidad respiratoria, la cual a su vez, reduce la velocidad de las reacciones enzimáticas (Wills et al., 1998). En el caso del guayabo, los frutos pueden ser almacenados hasta por 4 semanas a 4 ± 1 °C y $95\% \pm 1$ HR. La tasa de respiración a esta temperatura está entre 120-200 nmol CO₂ kg⁻¹ . s⁻¹ (East et al., 2009). Gallego-Corrales et al. (2003), determinaron el cociente respiratorio (CR) para tres temperaturas de almacenamiento (ambiente, 12 y 7 °C), encontrando que en todos los casos el CR fue superior a 1, lo que indica que el fruto de guayabo posiblemente utiliza ácidos orgánicos como sustrato respiratorio en el proceso de maduración en poscosecha (Wills et al., 1998). El potencial de almacenaje a 23 °C es inferior a una semana, limitado principalmente por el oscurecimiento de la pulpa, el desarrollo de manchas en la epidermis y pudriciones, mientras que a 4 °C es inferior a 30 días, limitado principalmente por el oscurecimiento de la pulpa. En esta última condición, cuando los frutos se colocan a 20 °C, alcanzan un periodo máximo de vida de mostrador de 5 días (Velho et al., 2011, Thorp y Klein, 1987).

Además de la utilización de bajas temperaturas, han sido investigadas otras técnicas para extender la vida poscosecha del guayabo. Entre las técnicas evaluadas figuran la utilización de sales de calcio para el mantenimiento de la firmeza y la utilización de atmósfera controlada (AC), con alteración de los niveles de O₂ y CO₂

para de esta forma reducir el metabolismo de los frutos. Ramírez et al. (2005), reportan que la inmersión de frutos de guayabo en soluciones de cloruro de calcio al 10 y 15% tiene efecto de retardar la madurez de los frutos, observándose menores pérdidas de peso, firmeza, e incidencia de *Pestalotia* sp. en los frutos tratados con respecto a los no tratados. Con respecto a la utilización de AC, Thorp y Bielecky (2002) concluyeron que frutos del material genético “Triumph” conservados a 5 °C durante 8 semanas y 15 días de vida de estante, con 2,1 kPa O₂ y 4,8 kPa O₂, debían contener 0 kPa de CO₂ en la atmósfera para que no se generaran daños por CO₂ en los frutos, que a dichas concentraciones mostraron un retraso en la maduración. A su vez, East et al. (2009), reportaron que AC con 1,15-3 kPa O₂ y 0-0,2 kPa CO₂ resultaron en menores pérdidas de peso y cambio de color de los frutos del material genético “Unique”, que los frutos conservados durante 8 semanas a 5 °C en atmósfera estándar.

En los jardines de introducción de la Facultad de Agronomía en Salto, y en INIA Las Brujas, se cuenta con 110 selecciones de guayabo en estudio. La superficie con montes comerciales de guayabo en el país es de 6,5 ha, distribuidas en 20 productores aproximadamente, con una producción total de 30.000 kg por temporada, resultando en una productividad media de 7.500 kg ha⁻¹ (Danilo Cabrera, comunicación personal, 6 de octubre de 2015).

En cuanto al arazá, que es el otro fruto estudiado en este trabajo, es originario de Brasil y Uruguay. En nuestro país habita en quebradas y sierras de Rocha, Treinta y Tres y Cerro Largo. Las plantas tienen buena productividad, llegando a producir 14 kg por árbol cuando se cultiva (Normand, 2002a). La especie es productora de frutos amarillos y rojos. Estudios previos también han descubierto diferencias en la anatomía del tallo y en la morfología foliar de los dos grupos, por lo que se tiene la hipótesis de que los dos morfotipos constituyen taxones diferentes para la especie (Rocha et al., 2008). De acuerdo a Popenoe (1920), dos variedades botánicas pueden ser consideradas: *P. cattleianum* var. *cattleianum*, que produce frutos rojos, y *P. cattleianum* var. *lucidum* Hort., que produce frutos amarillos.

Los frutos tienen una curva de crecimiento bifásica (Normand, 2002b). El peso del fruto individual en la madurez es muy variable (1,0 a 22,9 g) y el número de

semillas y la relación hojas/frutos explican en gran medida esta variabilidad (Normand, 2002b). Presentan un comportamiento climatérico (Akamine y Goo, 1979a). Algún estudio reporta una vida útil de 2 días a temperatura ambiente, aunque se puede extender hasta 12 días cuando la fruta se cosecha en una etapa apropiada de madurez y se mantiene a 12-14 °C (Paniandy et al., 1999). Poseen altos tenores de vitamina C (entre 41 y 112 mg 100 g⁻¹), tres a cuatro veces superior que los frutos cítricos (Raseira y Raseira, 1996).

Las hojas contienen compuestos activos contra las cepas resistentes a los antibióticos de las bacterias Gram-positivas que son importantes patógenos humanos (Cochrane, 1999). También contienen flavonoides, saponinas y taninos (Cecy y Yassumoto, 1973). Toda la planta podría ser una fuente de antioxidantes (Bahorun, 1998). Las frutas y las hojas se utilizan en la medicina tradicional contra la hemorragia, diarrea y cólicos (Cecy y Yassumoto, 1973). En un estudio realizado por Medina et al. (2011) en seis genotipos de arazá de Brasil, el contenido fenólico total de los frutos estuvo entre 402,7 y 7.682 mg EAG 100 g⁻¹ pf de pulpa. El contenido de L-ácido ascórbico (AA) de arazá amarillo fue de aproximadamente 7 mg 100 g⁻¹ pf de pulpa. El contenido de sólidos solubles, acidez, compuestos fenólicos totales, antocianinas y actividad antioxidante fue mayor en las accesiones de arazá rojo que en las de arazá amarillo. Sin embargo, el contenido de antocianinas en arazá rojo fue relativamente bajo, en torno a 4 mg de cyanidina-3-glucosido (C3G) 100 g⁻¹ pf de pulpa, comparado a otros frutos rojos como la pitanga, con contenidos entre 9,6 y 138,9 mg C3G 100 g⁻¹ pf; las moras, con contenidos entre 45,2 y 47,7 mg C3G 100 g⁻¹ pf; y los arándanos, con valores de entre 72 y 128 mg C3G 100 g⁻¹ pf de pulpa (Jacques et al., 2009). Los compuestos fenólicos predominantes en todos los genotipos de arazá rojo y amarillo fueron la epicatequina seguida por el ácido gálico.

En los jardines de introducción de la Facultad de Agronomía en Salto, y en INIA Las Brujas, se cuenta con 9 selecciones de arazá rojo y 8 selecciones de arazá amarillo. Son muy precoces en su entrada en producción (2-3 años), y su período de cosecha en nuestras condiciones es entre febrero y marzo. Actualmente se cuenta en el país con una superficie de 4 ha de plantaciones en predios de productores familiares (15 aproximadamente), ubicados en los departamentos de Colonia,

Canelones, Maldonado, Rocha, Montevideo y Florida (Danilo Cabrera, comunicación personal, 20 de junio de 2017).

La adaptación de ambas especies a nuestras condiciones de suelo y clima, nos da la posibilidad de ajustar una tecnología de producción respetable con el ambiente y tendiente a la conservación de los recursos. En este contexto, la presente tesis se ocupa de la caracterización física, química, funcional y nutricional de frutos de guayabo y arazá (rojo y amarillo), durante la conservación refrigerada y en vida de estante, de manera de generar información que sirva de apoyo al mejoramiento genético y que a su vez brinde información sobre manejo poscosecha al sector productivo.

El objetivo del trabajo de tesis fue caracterizar distintos materiales genéticos promisorios de guayabo y arazá en cuanto a variables físicas, químicas, funcionales y nutricionales durante la conservación poscosecha, y determinar el estado óptimo de madurez de cosecha de los frutos con destino a conservación.

Los objetivos específicos fueron:

- Determinar el color, firmeza de fruto, acidez titulable (AT), sólidos solubles totales (SST), vitamina C, capacidad antioxidante total (CAT) y polifenoles totales (PT) en dos estados de madurez en guayabo y tres estados de madurez en arazá.
- Determinar la evolución de estos compuestos en vida de mostrador a 18 °C durante 7 días en guayabo y 2 días en arazá, para cada período de conservación refrigerada.
- Determinar la tasa respiratoria y la producción de C₂H₄ de los materiales genéticos durante la conservación refrigerada de guayabo y arazá a 5 y 12 °C respectivamente.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIAL VEGETAL

Los experimentos fueron llevados a cabo en dos años consecutivos (2015 y 2016), utilizando frutos provenientes de la colección de frutos nativos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y La Estación Experimental de la Facultad de Agronomía (E.E.F.A.S.), instalados en INIA Las Brujas (Canelones, Uruguay).

Los frutos de guayabo evaluados preceden de plantas obtenidas por semilla, implantados a una distancia de 5 x 3,5 m. De cada material genético se cuenta con una planta.

En la zafra 2015 se seleccionaron seis materiales genéticos de guayabo por alta producción y buen tamaño de fruto, de acuerdo a observaciones previas realizadas por los mejoradores, identificados por sus códigos experimentales: 95, 97, 98, 152, 153 y 154.

Los materiales 95, 97 y 98 fueron plantados en la Estación Experimental “Wilson Ferreira Aldunate” de INIA Las Brujas en el año 2007, a partir de semillas de frutos de una planta seleccionada en la zona de Laureles (Tacuarembó, Uruguay). Las plantas 152, 153 y 154 son híbridos F1 plantados de semilla en el año 2009 que provienen del cruzamiento de los materiales genéticos identificados como Tbó 85-04m, que fue utilizado como madre, proveniente de la zona de Laureles, y JP.m, utilizado como padre, proveniente de la zona de Cerro Chato (Florida, Uruguay).

Para los ensayos en guayabo se cosecharon 140 frutos de cada material genético que presentaban tamaño uniforme y ausencia de defectos físicos. La mitad de ellos fueron cosechados en estado de madurez 1 (M1), correspondiente a frutos que alcanzaron el tamaño final correspondiente a la selección, pero que no eran fácilmente removidos de la planta, y la otra mitad en estado 2 (M2), correspondiente a frutos justo antes de su caída natural (“touch picking”) (Figura 1). En los frutos M1, el pedúnculo de unos 3 mm, se cortó con tijera.



Figura 1. Frutos de guayabo de la selección 154 recolectados en estados de madurez M1 (izquierda) y M2 (derecha). Temporada 2015.

En la zafra 2016 se redujo el número de materiales a trabajar de guayabo, y se agregaron dos materiales de arazá. Se estudiaron los materiales 95, 98 y 154 de guayabo, el material 63 de arazá rojo, y el 24 de arazá amarillo, también seleccionados por su tamaño de fruto y productividad.

En el caso de arazá, se cosecharon en total 315 frutos de cada material genético, que correspondieron a tres estados de madurez diferentes. En el caso de arazá amarillo el estado M1 correspondió a presencia de sobrecolor de baja intensidad y color de fondo verde; M2 presencia de sobrecolor de media intensidad y color de fondo verde; y M3 presencia de sobrecolor intenso que cubría totalmente el fruto. En el caso de arazá rojo fueron definidos como: M1 con presencia de sobrecolor de baja intensidad y color de fondo verde; M2 con presencia de sobrecolor de media intensidad y color de fondo amarillo; y M3 con presencia de sobrecolor intenso que cubre totalmente el fruto, tal como se muestra en la Figura 2.

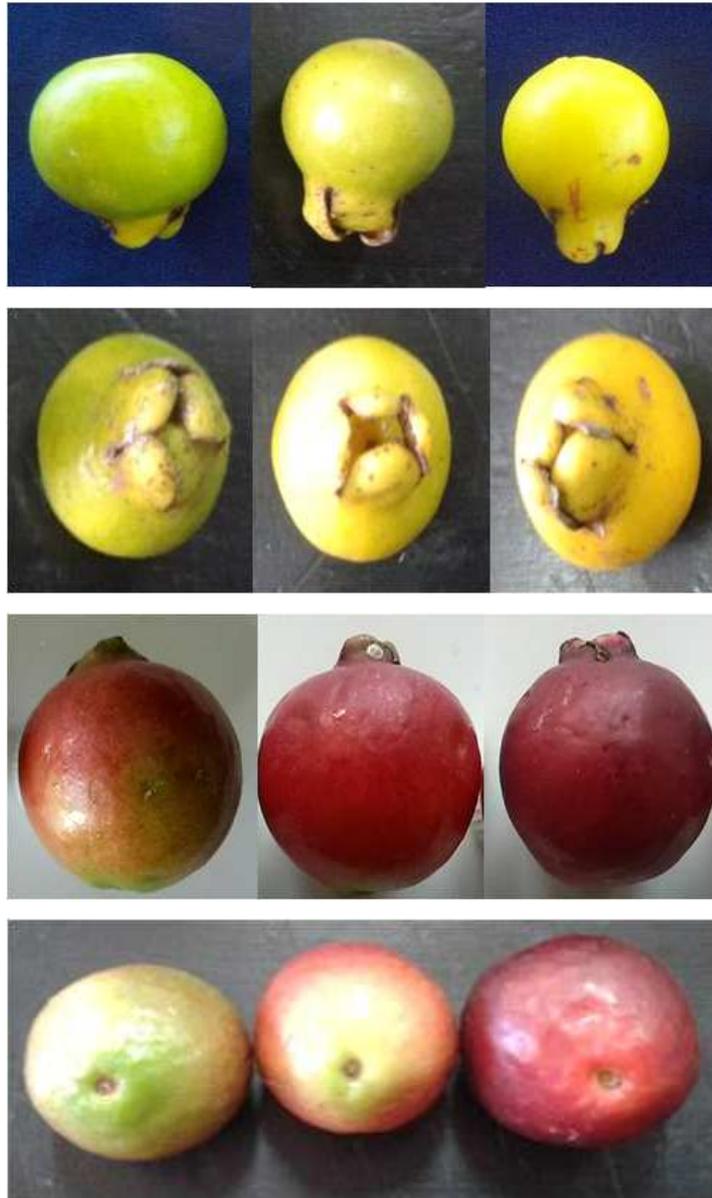


Figura 2. Frutos de arazá amarillo y rojo recolectados en estado M1 (izquierda), M2 (centro) y M3 (derecha). Temporada 2016.

2.2 CONSERVACIÓN

Una vez cosechados, los frutos seleccionados en base a tamaño uniforme y ausencia de defectos causados por daños físicos, insectos y/o patógenos, se colocaron en envases rígidos de polipropileno conocidos como envases tipo “clamshells”, para su conservación en frío. Se utilizaron envases de dos tamaños, 125 g para arazá y 500

g para guayabo, en donde se colocaron 7 y 10 frutos por envase respectivamente. La conservación refrigerada se realizó en las cámaras de frío convencional de la Unidad de Poscosecha de Frutas y Hortalizas de la Facultad de Agronomía. En ambas temporadas, los frutos de guayabo se almacenaron en frío convencional a 5 °C, durante 8, 15 y 30 días. Luego de cada período de conservación se colocaron a 18 °C durante 7 días, simulando condiciones de vida de estante. Los frutos de arazá se conservaron en frío convencional a 12 °C durante 7 y 14 días, con un período de vida de estante de 2 días (Tabla 1).

Tabla 1. Condiciones de almacenamiento y momentos de evaluación de los materiales genéticos de guayabo y arazá, en cada temporada de trabajo.

| Temporada | Especie | Materiales genéticos | Condiciones de almacenamiento | Momentos de evaluación (días) |
|------------------|----------------|-----------------------------|---|--------------------------------------|
| 2015 | Guayabo | 95, 97, 98, 152, 153 y 154 | Frío convencional a 5 °C y 95 % Humedad Relativa (HR) | 0, 8, 8+7, 15, 15+7, 30, 30+7 |
| 2016 | Guayabo | 95, 98, 154 | Frío convencional a 5 °C y 95 % HR | 0, 8, 8+7, 15, 15+7, 30, 30+7 |
| | Arazá | 63, 24 | Frío convencional a 12 °C y 95 % HR | 0, 7, 7+2, 14, 14+2 |

2.3 DETERMINACIONES

Las determinaciones se realizaron en el laboratorio de Poscosecha de la Estación Experimental de INIA Las Brujas, en el laboratorio de Poscosecha de Frutas y Hortalizas de la Facultad de Agronomía, y en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Politécnica de Cartagena, España (PT, CAT y vitamina C de la temporada 2015).

2.3.1 Firmeza del fruto

La firmeza en frutos de guayabo se realizó midiendo la fuerza requerida para comprimir cada guayabo unidireccionalmente hasta una distancia de 2 mm. La determinación se realizó en dos puntos opuestos del plano ecuatorial.

En el caso de los frutos de arazá, la textura se determinó a través de la fuerza requerida para penetrar los mismos una distancia de 2 mm.

Para ambas determinaciones se utilizó un texturómetro (TA.XT Plus, Hamilton, Estados Unidos) con celda de carga de 50 kg de capacidad. Se utilizó un plato de 75 mm en el caso de guayabo que operó a una velocidad de 1 mm s^{-1} , y un puntero de 2 mm de diámetro para arazá, cuya velocidad fue de 1 mm s^{-1} . Para cada medición se colocó el fruto sobre una placa de acrílico con una concavidad, de modo que quedara inmobilizado y expuesto en su zona ecuatorial (Figura 3). Se evaluaron 10 frutos por cada material genético de guayabo y 21 frutos de cada material genético de arazá. Se tomó el promedio de dos mediciones por fruto y los valores se expresaron en N.

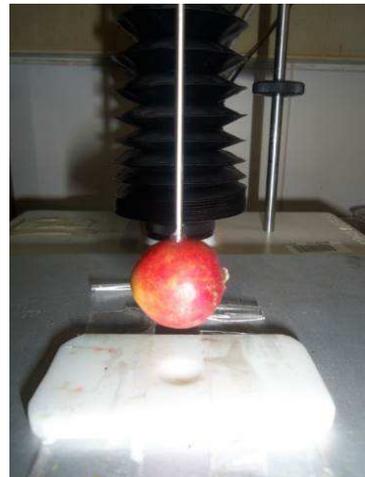


Figura 3. Texturómetro TA.XT Plus para medición de textura por compresión del fruto en guayabo (izquierda) y por punción en arazá (derecha).

2.3.2 Tasa de respiración

La tasa de respiración se determinó por el método estático mediante cromatografía gaseosa. Para ello se seleccionaron frutos sanos y de tamaño uniforme, que se colocaron en frascos de 1 L con cierre hermético, provistos de un septum de goma en la tapa, que se colocaron dentro de la cámara refrigerada a 5 °C. Se realizaron 3 repeticiones (frascos) de 3 frutos cada una. Las evaluaciones se realizaron cada 2-3 días, durante todo el período de conservación refrigerada. El día de cada evaluación los frascos se cerraron herméticamente por 1 h. Transcurrido este tiempo, con una jeringa plástica descartable de 10 mL se extrajo a través del septum una muestra de gas del espacio de cabeza, que se inyectó en el cromatógrafo de gases (Agilent, 7890b, Santa Clara, Estados Unidos), con detector de ionización de llama (FID) y columna empacada 80/100 (Agilent, HayeSep Q, Santa Clara, Estados Unidos) de 3,66 m de longitud y 2 mm de diámetro interno, para determinar la producción de CO₂. El gas transportador fue nitrógeno de alta pureza (Linde, Montevideo, Uruguay), y las temperaturas del inyector, detector y horno fueron 100, 300 y 60 °C, respectivamente. Se utilizó un patrón de CO₂ con una concentración de 600 ppm (Agilent, Santa Clara, Estados Unidos). La concentración fue calculada a partir de la fórmula:

$$\text{mL kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = \frac{\Delta \text{CO}_2 \text{ \%}}{100} \times \frac{\text{Volumen libre (mL)}}{\text{Peso de muestra (kg)}} \times \frac{1}{\text{Tiempo (h)}}$$

Los resultados fueron expresados en mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹.

2.3.3 Tasa de emisión de C₂H₄

El procedimiento utilizado para la determinación de la producción de C₂H₄ en frutos conservados a 5 °C, fue similar al descrito para la tasa respiratoria. Se utilizaron recipientes herméticos de 1 L, siendo en este caso la concentración de

C₂H₄ lo que se cuantificó. El equipo utilizado fue un cromatógrafo de gases (Shimadzu, GC14-A, Tokio, Japón), equipado con un detector FID, columna de alúmina activada e inyector, los cuales fueron operados a 240 °C, 40 °C y 110 °C respectivamente. Se utilizó nitrógeno (Linde, Montevideo, Uruguay) como gas transportador. Se construyó una curva de calibración de C₂H₄ a partir de un estándar de C₂H₄ de concentración conocida (Linde, Montevideo, Uruguay). Cada muestra consistió en 1 mL de aire obtenido del espacio de cabeza de cada frasco (Figura 4). Los resultados se calcularon a partir de la fórmula:

$$\mu\text{L kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1} = \frac{\text{ppm C}_2\text{H}_4}{1.000.000} \times \frac{\text{Volumen libre (mL)}}{\text{Peso de muestra (kg)}} \times \frac{1}{\text{Tiempo (h)}}$$

Los resultados fueron expresados en $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$.



Figura 4. Frutos de arazá colocados en frascos a 12 °C (izquierda) para la determinación de emisión de C₂H₄ por cromatografía gaseosa (derecha).

2.3.4 Pérdida de peso (PP)

La PP fue determinada como la diferencia entre el peso final (medido a la salida de conservación y/o fin de vida de estante) y el peso inicial (medido al momento de cosecha) de la muestra, expresando los valores como porcentaje del peso inicial. Los frutos fueron pesados en una balanza digital (Precisa, modelo XB 4200C, Dietikon, Suiza).

2.3.5 Contenido de Sólidos Solubles Totales (SST) y Acidez Titulable (AT)

Para estas determinaciones se extrajo el jugo de la pulpa del fruto en el caso de guayabo, y del fruto entero en el caso de arazá, y utilizando una prensa de mano para ajos (Tramontina, Farropilla, Brasil), se analizó el contenido de SST con un refractómetro digital auto compensado para temperatura (Atago, Tokio, Japón).

Se trabajó con 3 repeticiones utilizando el jugo de 2 frutos por repetición y se tomaron dos mediciones de cada jugo. Los valores se expresaron en °Brix.

La AT se determinó por titulación ácido-base en 5 mL de jugo con 5 mL de agua destilada, que se valoraron con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) (DIU, Montevideo, Uruguay), 0,1 N hasta pH 8,2 (punto equivalente) medido con un pH metro digital (Horiba, Kioto, Japón). Los valores se expresaron como g ácido cítrico (AC) cada 100 mL.

2.3.6 Color de la epidermis

El color se determinó con un colorímetro CR300 (Minolta, Tokyo, Japón) en dos puntos opuestos del plano ecuatorial de cada fruto. En el caso de guayabo se utilizaron 10 frutos de cada material genético, y 21 frutos tanto para arazá rojo como amarillo. La cromaticidad fue obtenida en las coordenadas espaciales del color CIELAB (L^* , a^* , b^*), donde L^* indica la luminosidad, desde negro (0) a blanco (100); a de color verde (- 60) a rojo (60); y b de color azul (- 60) a amarillo (60). Se calculó el tono del color ($h_{ab} = \tan^{-1}(b/a)$) expresado en grados: 0° (rojo), 90° (amarillo), 180° (verde), y 270° (azul), y la saturación o croma ($C^*_{ab} = (a^2 + b^2)^{1/2}$), cuyo rango está entre 0 (apagado) y 60 (vívido).

2.3.7 Polifenoles Totales (PT)

Para la determinación de los PT, se realizó primero una extracción. Para ello se pesaron 0,5 g de pulpa congelada (-80 °C) de cada muestra (solo pulpa en el caso de guayabo, y fruto entero en el caso de arazá), a la que se adicionaron 7,5 mL de metanol (Merck, Darmstadt, Alemania) que se homogeneizaron durante 1 min (Ultra-turrax IKA, T18 Basic, Guangzhou, China). Luego de esto, las muestras se colocaron durante 1 h dentro de una caja de poliestireno rellena con hielo para asegurar condiciones de frío y oscuridad. Transcurrido ese tiempo, las muestras se centrifugaron (Sigma 1-13, Osterode, Alemania) a 4 °C durante 10 min a 15,000×g, separando el sobrenadante (extracto) para realizar las determinaciones. La cantidad de PT en el sobrenadante obtenido fue determinado de acuerdo a Falagán et al. (2014). Para ello se colocaron 19,2 µL de extracto en una placa de poliestireno de 96 pocillos de fondo plano (Greiner Bio-one, Frickenhausen, Alemania) y se agregaron 29 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu 1 N (Sigma-Aldrich, San Luis, Estados Unidos). Luego de 3 min de incubación en oscuridad a temperatura ambiente, se agregaron 192 µL de solución de carbonato de sodio (Na₂CO₃) al 0,4% e hidróxido de sodio (NaOH) al 2%. La reacción se llevó a cabo en oscuridad a temperatura ambiente durante 70 min. Posteriormente se midió la absorbancia a 750 nm con un lector de placas (Tecan Infinite M200, Männedorf, Suiza). Las curvas de calibración se hicieron con al menos siete puntos, en un rango de concentración de 0-100 mg L⁻¹ de ácido gálico (Sigma-Aldrich, San Luis, Estados Unidos). Los PT fueron expresados en mg de equivalente ácido gálico (EAG) cada 100 g de peso fresco (pf). A fin de comparar los resultados obtenidos en 2015 y 2016, los valores obtenidos en 2015, donde se trabajó con el fruto seco (liofilizado), se transformaron a pf, para lo que se tomó el valor de materia seca de fruto entero de guayabo reportado por Al-Harthy (2010) de 15 ± 0,68%. Las determinaciones se hicieron por triplicado.

2.3.8 Capacidad Antioxidante Total (CAT)

El procedimiento de extracción utilizado fue el mismo que el descrito para PT. Para la determinación de la CAT se tomaron 1,5 mL de extracto que se centrifugaron a $15,000 \times g$ por 10 min a 4 °C. La CAT fue determinada por el método del Poder Antioxidante de Reducción Férrica (FRAP) en 2015, en base a la metodología propuesta por Benzie y Strain (1996), y por el método de DPPH descrito por Brand-Williams et al. (1995) con algunas modificaciones en el 2016.

Respecto al método FRAP, fue necesario preparar una solución conteniendo 300 mM de buffer acetato ($C_2H_3NaO_2$), pH 3,6; 10 mM 2,4,6-tripiryridyl-s-triazine (TPTZ) en 40 mM de ácido clorhídrico (HCl); 20 mM de cloruro férrico ($FeCl_3$). El reactivo FRAP propiamente dicho fue preparado mezclando 10 mL de buffer acetato, 1 mL de solución TPTZ y 1 mL de solución $FeCl_3$, que se incubó por 2 h a 37 °C. Los reactivos fueron provistos por Sigma-Aldrich (San Luis, Estados Unidos). Para la determinación se tomó una alícuota de 6 μ L de extracto que se colocó en una placa de poliestireno de 96 pocillos de fondo plano (Greiner Bio-one, Frickenhausen, Alemania) a la cual se agregaron 198 μ L de solución FRAP. La reacción se llevó a cabo en oscuridad a temperatura ambiente, durante 70 min, y la absorbancia fue leída a 593 nm usando el lector de placas citado anteriormente.

Para la determinación de CAT por el método de DPPH se mezclaron 600 μ L del extracto con 2,025 mL de una solución de DPPH en metanol (0,1 M) y se midió la absorbancia a 515 nm luego de 70 min de incubación en oscuridad.

La curva de calibración se hizo con al menos siete puntos, en un rango de concentración de 0-100 mg L⁻¹ de AA (Sigma-Aldrich, San Luis, Estados Unidos). Los resultados fueron expresados en mg de equivalente AA (EAA) por cada 100 g de pf. Al igual que con los PT, para expresar los valores de CAT de guayabo de 2015 en pf se utilizó un contenido de materia seca de los frutos de $15 \pm 0,68\%$. También se realizaron las determinaciones por triplicado.

2.3.9 Vitamina C

El procedimiento utilizado para la determinación de vitamina C fue el ajustado por Zapata y Dufour (1992) con algunas modificaciones. Para la determinación se pesaron 0,2 g de muestra liofilizada y se le agregaron 5 mL de una solución preparada con 45 g L⁻¹ de ácido metafosfórico (HPO₃), 7,2 g L⁻¹ de ditiotreititol (DL-1,4 ≥ 99%) y agua milliQ. También en este caso los reactivos fueron suministrados por Sigma-Aldrich. Luego de esto, se centrifugó la mezcla a 22.000 × g por 15 min a 4 °C (Avanti J-25, Beckman Coulter, California, USA). El sobrenadante fue filtrado con gasas y luego con filtros de membrana de nitrato de celulosa de 0,45 µm (Millipore, Merck, Darsmtadt, Alemania) y se colocó en viales ámbar. La determinación se hizo por cromatografía líquida de alto rendimiento (Waters 2695, Detector PDA 2696), con detección de vitamina C total, que corresponde a la suma de AA y ácido dehidroascórbico (DHA) a 260 nm. Las curvas de calibración se hicieron con al menos siete puntos, en un rango de concentración de 5-100 mg L⁻¹ de AA y DHA (Sigma-Aldrich, San Luis, Estados Unidos). El contenido de vitamina C total fue expresado en mg ácido ascórbico (AA) en 100 g de pf, para lo cual se utilizó nuevamente un contenido de materia seca de fruto entero de 15 ± 0,68%.

2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar. Para las variables firmeza, color y sólidos solubles la unidad experimental fue el fruto, y las repeticiones fueron 10 por tratamiento (10 frutos) en el caso de guayabo, y 21 repeticiones (21 frutos) en el caso de arazá (distribuidos en 3 petacas de 125 g, con 7 frutos cada una). En el caso de las variables acidez, PP, PT, CAT, vitamina C, tasa de emisión de C₂H₄ y de respiración, la unidad experimental fue la petaca (muestra compuesta por varios frutos), y las repeticiones fueron tres por tratamiento. Para determinar el efecto del material genético, el estado de madurez de cosecha, el período de conservación y vida de estante sobre cada variable dependiente, fue

llevado a cabo un análisis de varianza de tres entradas ($P < 0,05$), con el programa estadístico InfoStat versión 2015 (Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina). Las medias fueron comparadas utilizando el test de mínima diferencia significativa (LSD; 0,05), para identificar diferencias entre tratamientos e interacción entre factores.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 GUAYABO

3.1.1 Firmeza del fruto

En la Tabla 2 se presentan los valores promedio de firmeza del fruto en los años 2015 y 2016 para los distintos tiempos de conservación, materiales genéticos y estados de madurez.

Tabla 2. Firmeza (N) de frutos de guayabo de distintos materiales genéticos, estados de madurez y tiempos de conservación, en 2015 y 2016.

| Tiempo de conservación (días) | Material genético | Estado de madurez | Firmeza (N) | Firmeza (N) |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|--------------|--------------|
| | | | 2015 | 2016 |
| Inicial | 95 | M1 | 58,80 ± 3,24 | 35,23 ± 2,55 |
| | | M2 | 43,99 ± 3,78 | 28,33 ± 3,73 |
| | 97 | M1 | 44,54 ± 3,88 | |
| | | M2 | 35,93 ± 3,37 | |
| | 98 | M1 | 63,24 ± 6,25 | 47,73 ± 3,59 |
| | | M2 | 36,16 ± 2,27 | 33,18 ± 3,76 |
| | 152 | M1 | 48,68 ± 4,04 | |
| | | M2 | 30,16 ± 3,39 | |
| | 153 | M1 | 38,54 ± 3,03 | |
| | | M2 | 33,62 ± 3,35 | |
| | 154 | M1 | 45,23 ± 3,97 | 38,52 ± 3,95 |
| | | M2 | 18,68 ± 1,75 | 22,94 ± 2,39 |
| 8 días a 5 °C | 95 | M1 | 44,29 ± 3,98 | 15,59 ± 1,63 |
| | | M2 | 22,44 ± 1,07 | 18,03 ± 1,05 |
| | 97 | M1 | 23,99 ± 1,24 | |
| | | M2 | 23,94 ± 0,62 | |
| | 98 | M1 | 41,99 ± 2,39 | 30,50 ± 3,34 |
| | | M2 | 32,06 ± 2,59 | 25,14 ± 2,42 |
| | 152 | M1 | 35,54 ± 0,78 | |
| | | M2 | 21,26 ± 1,05 | |
| | 153 | M1 | 25,28 ± 1,13 | |
| | | M2 | 26,48 ± 1,88 | |
| | 154 | M1 | 29,42 ± 2,94 | 23,13 ± 2,62 |

| | | | | |
|--|-----|----|--------------|--------------|
| | | M2 | 17,22 ± 0,82 | 17,70 ± 2,03 |
| 8 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 12,73 ± 0,54 | 7,07 ± 0,80 |
| | | M2 | 10,88 ± 0,60 | 5,72 ± 0,86 |
| | 97 | M1 | 8,64 ± 0,47 | |
| | | M2 | 9,45 ± 0,60 | |
| | 98 | M1 | 9,11 ± 0,66 | 9,91 ± 0,46 |
| | | M2 | 7,86 ± 0,43 | 7,18 ± 0,32 |
| | 152 | M1 | 8,26 ± 0,60 | |
| | | M2 | 7,16 ± 0,52 | |
| | 153 | M1 | 4,77 ± 0,26 | |
| | | M2 | 4,60 ± 0,41 | |
| | 154 | M1 | 7,05 ± 0,52 | 7,12 ± 0,30 |
| | | M2 | 5,67 ± 0,45 | 4,26 ± 0,25 |
| 15 días a 5 °C | 95 | M1 | 29,81 ± 1,34 | 13,58 ± 1,06 |
| | | M2 | 20,94 ± 1,61 | 11,44 ± 0,78 |
| | 97 | M1 | 22,42 ± 0,64 | |
| | | M2 | 20,48 ± 0,97 | |
| | 98 | M1 | 31,61 ± 2,32 | 24,85 ± 0,77 |
| | | M2 | 24,21 ± 1,23 | 17,88 ± 0,88 |
| | 152 | M1 | 27,21 ± 1,35 | |
| | | M2 | 17,26 ± 1,05 | |
| | 153 | M1 | 15,27 ± 0,42 | |
| | | M2 | 13,37 ± 0,76 | |
| | 154 | M1 | 18,41 ± 1,46 | 15,94 ± 1,58 |
| | | M2 | 19,94 ± 1,23 | 11,17 ± 0,87 |
| 15 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 11,74 ± 0,47 | 6,49 ± 0,69 |
| | | M2 | 10,03 ± 0,48 | 5,43 ± 0,57 |
| | 97 | M1 | 8,66 ± 0,43 | |
| | | M2 | 8,60 ± 0,33 | |
| | 98 | M1 | 9,11 ± 0,48 | 6,06 ± 0,45 |
| | | M2 | 7,63 ± 0,27 | 6,24 ± 0,43 |
| | 152 | M1 | 8,37 ± 0,24 | |
| | | M2 | 7,26 ± 0,53 | |
| | 153 | M1 | 6,25 ± 0,39 | |
| | | M2 | 5,26 ± 0,24 | |
| | 154 | M1 | 6,24 ± 0,31 | 4,36 ± 0,15 |
| | | M2 | 4,87 ± 0,34 | 4,13 ± 0,10 |
| 30 días a 5 °C | 95 | M1 | 20,61 ± 1,05 | 9,34 ± 1,30 |
| | | M2 | 16,09 ± 1,28 | 9,35 ± 1,03 |
| | 97 | M1 | 14,75 ± 0,92 | |
| | | M2 | 10,98 ± 0,46 | |
| | 98 | M1 | 20,20 ± 1,04 | 11,86 ± 0,89 |
| | | M2 | 16,32 ± 0,72 | 11,23 ± 0,61 |
| | 152 | M1 | 14,73 ± 1,13 | |
| | | M2 | 11,79 ± 0,60 | |
| | 153 | M1 | 16,32 ± 0,72 | |
| | | M2 | 8,26 ± 0,30 | |
| | 154 | M1 | 10,17 ± 0,81 | 7,44 ± 0,59 |

| | | | | |
|---|-----|----|--------------|-------------|
| | | M2 | 5,33 ± 0,56 | 5,60 ± 0,28 |
| 30 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 11,74 ± 0,49 | 5,91 ± 0,96 |
| | | M2 | 6,98 ± 0,50 | 5,14 ± 0,55 |
| | 97 | M1 | 6,59 ± 0,18 | |
| | | M2 | 5,90 ± 0,79 | |
| | 98 | M1 | 6,83 ± 0,55 | 7,62 ± 0,50 |
| | | M2 | 6,10 ± 0,35 | 6,04 ± 0,92 |
| | 152 | M1 | 7,91 ± 0,51 | |
| | | M2 | 7,24 ± 0,35 | |
| | 153 | M1 | 5,91 ± 0,36 | |
| | | M2 | 4,66 ± 0,31 | |
| | 154 | M1 | 5,94 ± 0,25 | 5,73 ± 0,13 |
| | | M2 | 4,04 ± 0,09 | 4,25 ± 0,14 |
| Tiempo de conservación | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Material genético | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Estado de madurez | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Tiempo de conservación x material genético | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Material genético x estado de madurez | | | <0,0001 | 0,0072 |
| Tiempo de conservación x estado de madurez | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Tiempo de conservación x material genético x estado de madurez | | | <0,0001 | 0,4514 NS |

NS, no significativo, $P > 0,05$. Los datos representan medias ($n = 10$) ± error estándar.

Tanto en 2015 como en 2016 los frutos perdieron firmeza durante el almacenamiento a 5 °C, reduciéndose cada vez más con el transcurso de la conservación (Figuras 5 y 6). En 2015 los frutos perdieron en promedio un 30,9% luego de 8 días, un 47,5% luego de 15 días y un 66,7% luego de 30 días, mientras que en 2016 la pérdida fue de 36,8% luego de 8 días, 53,9% luego de 15 días y 73,4% luego de 30 días. Este comportamiento fue el esperado dado que la pérdida de firmeza es inherente a la maduración y es atribuible a la degradación de los componentes de la pared celular (Parra-Coronado et al., 2015). Según Galvis et al. (2002), el ablandamiento de la pulpa que se produce durante la maduración de los frutos, es ocasionado por diferentes factores, entre ellos, la acción de las enzimas hidrolasas que actúan sobre las pectinas, como es el caso de la poligalacturonasa (PG), así como de otras enzimas como las celulasas, cuyas actividades se incrementan durante la maduración (Kays, 1997). En un trabajo realizado por East et al. (2009), los frutos de guayabo de la variedad “Unique” conservados a 5 °C durante

56 días en atmósfera regular, perdieron 14 N de firmeza a partir de un valor inicial de 30,7 N, lo que representa un 54% de pérdida. Este valor es inferior al obtenido en este trabajo para 30 días de conservación a 5 °C, lo que se podría explicar por diferencias varietales en la composición de las paredes celulares que afecta su descomposición.

En ambas temporadas, todos los materiales presentaron una pérdida de firmeza más acelerada durante la vida de estante con respecto a la conservación refrigerada. Los valores de firmeza obtenidos en vida de estante en ambas temporadas estuvieron entre 4 y 12 N para todos los materiales, representando una pérdida promedio de 78% con respecto al valor obtenido en cosecha.

Por otro lado, no existen reportes que permitan saber qué valores de firmeza se consideran como aceptables para el consumo de guayabos del país. Con relación a este punto sería importante contar con un valor de firmeza tal como existe para otros frutos, como duraznos, ciruelas y kiwis, donde se consideran adecuados valores de 8,9-13,4 N (Crisosto et al., 2013a; Crisosto et al., 2013b; Crisosto et al., 2013c), pera “Bartlett”, con valores de 8,9-17,8 N (Mitcham et al., 2013) y pera asiática con valores de 31,1-44,5 N (Crisosto et al., 2013d).

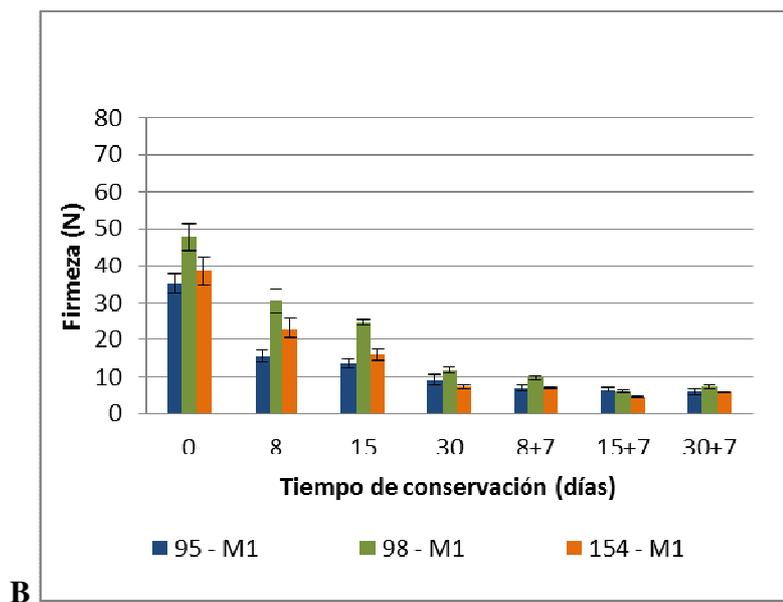
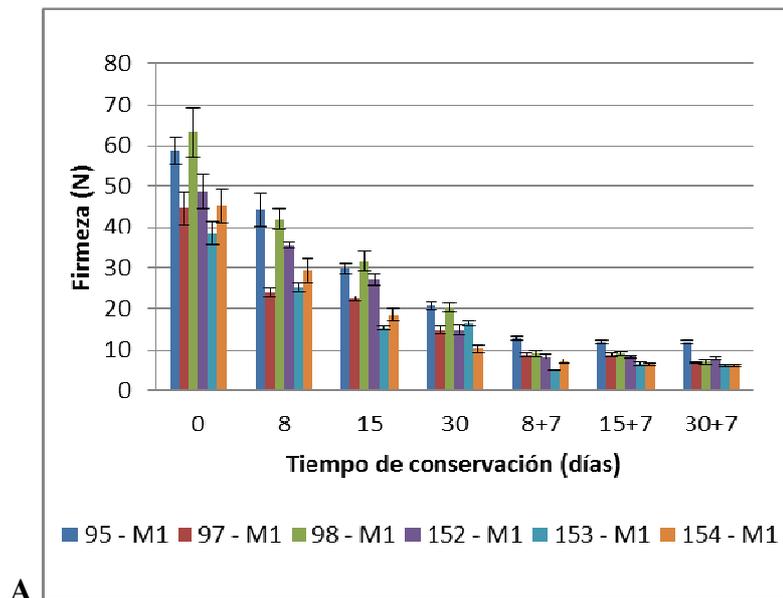
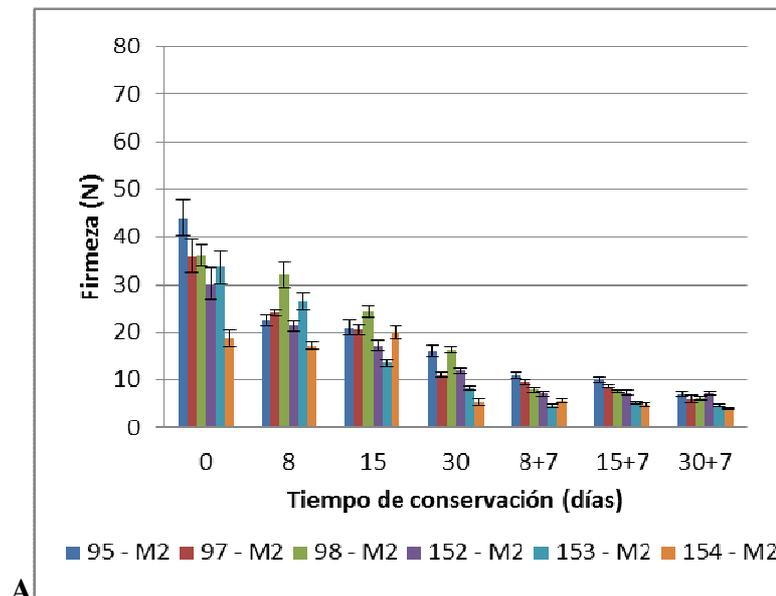
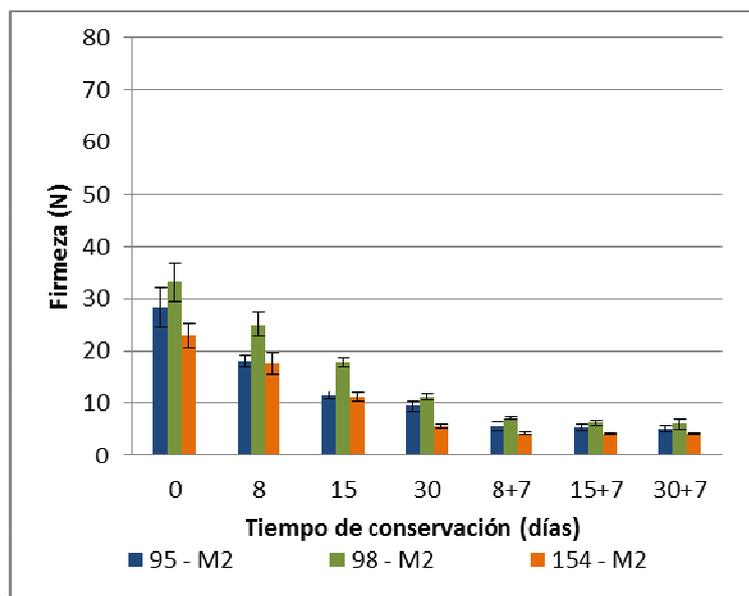


Figura 5. Evolución de la firmeza (N) de guayos de diferentes materiales genéticos conservados a 5 °C, temporadas 2015 (A) y 2016 (B). Los valores representan medias ($n = 10$) \pm error estándar.



A



B

Figura 6. Evolución de la firmeza (N) de guayos de diferentes materiales genéticos conservados a 5 °C, temporadas 2015 (A) y 2016 (B). Los valores representan medias ($n = 10$) \pm error estándar.

En 2015 los materiales 95 y 98 fueron los más firmes durante la conservación a 5 °C, teniendo en cuenta el promedio de ambos estados de madurez. Los valores

obtenidos estuvieron entre 51,4 y 18,4 N, y entre 49,7 y 18,3 N respectivamente. En 2016 los materiales 98 y 154 fueron los que presentaron mayor firmeza durante la conservación a 5 °C, analizando el promedio de M1 y M2. Los valores estuvieron entre 33,2 y 11,3 N, y entre 38,5 y 9,3 N respectivamente. Los frutos del material 98 fueron los que presentaron menores valores de emisión de C₂H₄ en 2015 durante la conservación a 5 °C como se discutirá posteriormente, lo que podría explicar el menor ablandamiento de sus frutos, ya que estudios han revelado la estimulación de la expresión de los genes de la enzima PG debido al C₂H₄ en otros frutos climatéricos (Nishiyama et al., 2007). En este sentido, Lester et al. (1994) afirman que la máxima expresión de endoPG coincide con el pico climatérico y el rápido ablandamiento en frutos de durazno y nectarina. Según Fabi et al. (2009), cuando los frutos de papaya fueron tratados con C₂H₄ exógeno, se produjo un rápido ablandamiento de la pulpa, coincidente con la inducción de la expresión de los genes de PG.

Por otro lado, en 2015 los materiales 153 y 154 fueron los menos firmes durante la conservación refrigerada, con valores entre 36,1 y 12,3 N, y entre 32 y 7,8 N respectivamente, considerando el promedio de ambos estados de madurez. En 2016 el menos firme fue el 95, con valores entre 29,6 y 9,3 N. La diferencia de firmeza entre los distintos materiales puede ser explicada por la influencia genética sobre las características poscosecha de los frutos, tal como afirman Beverly et al. (1993) y por lo tanto pueden variar con el cultivar. En este mismo sentido Amarante et al. (2013), reportaron diferencias en la firmeza entre los cultivares de guayabo “Alcantara”, “Helena”, “Mattos” y “Nonante”, cultivados en São Joaquim (Santa Catarina, Brasil), con valores entre 105 y 37 N al momento de cosecha. Silveira et al. (2015), también encontraron variación en la retención de la firmeza entre distintos materiales genéticos de guayabo, cosechados en diferentes estados de madurez.

Con respecto al estado de madurez, en ambos años los frutos cosechados en M1 tuvieron mayor firmeza que en M2. En 2015 los frutos cosechados en M1 mostraron entre un 10 y un 34 % más firmeza que los cosechados en M2, y en 2016 entre un 7 y un 29%, tal como se muestra en la Figura 7.

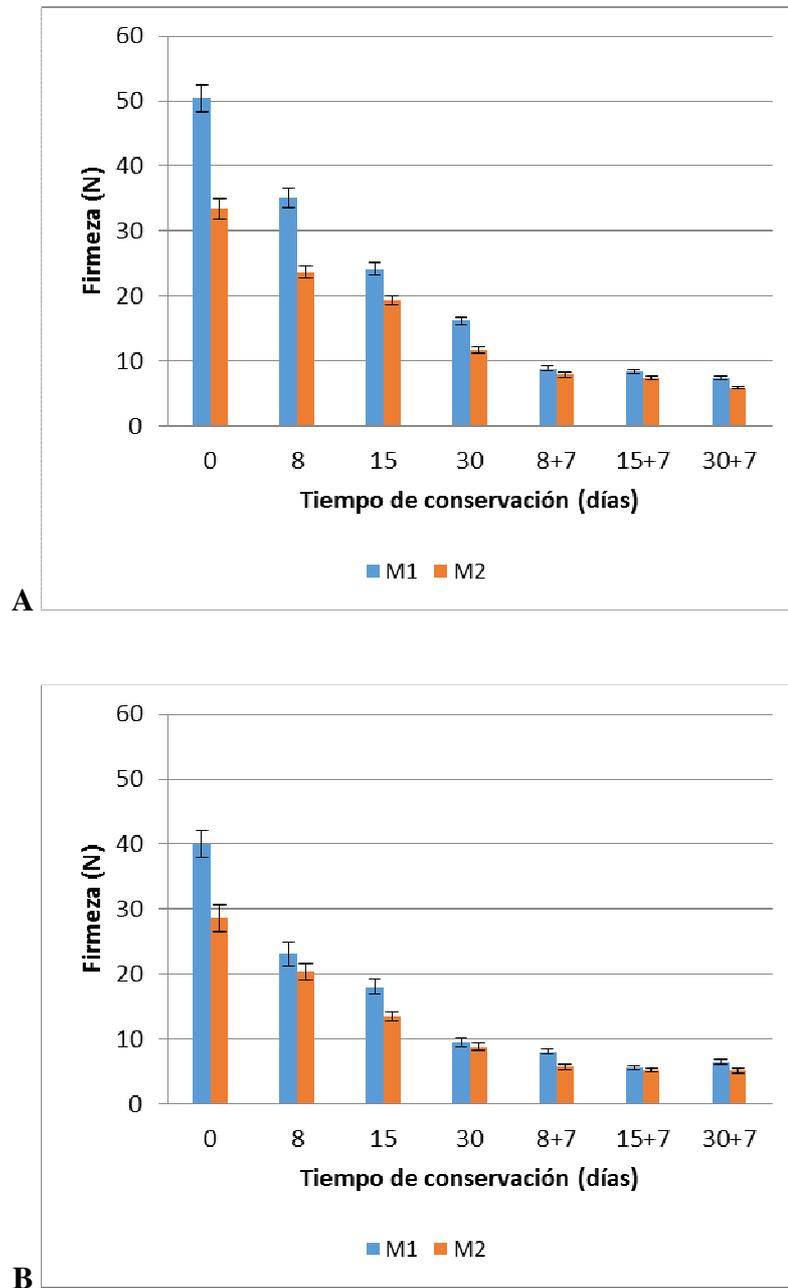


Figura 7. Evolución de la firmeza (N) de guayabos conservados a 5 °C, temporadas 2015 (A) y 2016 (B). Los valores representan medias de todos los materiales genéticos ($n = 60$ en 2015, $n = 30$ en 2016) \pm error estándar.

Rupavatharam et al. (2015), cosecharon frutos de guayabo en tres estados de madurez, y obtuvieron, al igual que en este trabajo, valores de firmeza más altos en

los frutos de cosecha más temprana, con un valor promedio de 51,5 N, seguidos por los de cosecha intermedia con un valor de 38,7 N, y por los de cosecha tardía con un valor de 26,9 N.

Es importante destacar que las diferencias en la firmeza entre estados de madurez que se observaron durante la conservación, no se mantuvieron en vida de mostrador. Según Castellanos et al. (2016), la firmeza disminuye a medida que progresa la maduración hasta un nivel mínimo, cuando se alcanza la senescencia de los productos. Es posible que en vida de estante los frutos estén cercanos a la senescencia y la firmeza haya llegado a dicho nivel mínimo.

3.1.2 Tasa de respiración

La tasa respiratoria de los materiales analizados, medida a 5 °C, se situó entre 12 y 47,7 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹ en el año 2015, exceptuando el material 153, y entre 5,7 y 43,2 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹ en el año 2016 (Tabla 3). Los valores fueron similares a los encontrados por Velho et al. (2011), en guayabos conservados a 4 °C durante 30 días, que pasaron de una tasa de 51,1 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹ en cosecha a un valor de 18,5 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹ en la segunda semana de conservación, manteniéndose luego constante entre 8,8 y 13,2 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹. Estos mismos autores reportaron que los frutos almacenados a temperatura ambiente tuvieron un pico de respiración de 127,6 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹ entre el cuarto y quinto día luego de la cosecha.

Tabla 3. Tasa respiratoria (TR) ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) de frutos de guayabo de distintos materiales genéticos, estados de madurez y tiempos de conservación a 5 °C, en 2015 y 2016.

| Material genético | Tiempo de conservación (días) | Estado de madurez | TR | TR |
|-------------------|-------------------------------|-------------------|---|---|
| | | | ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) 2015 | ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) 2016 |
| 95 | 2 | M1 | 19,08 ± 1,50 | 9,72 ± 1,39 |
| | | M2 | 18,84 ± 1,66 | 10,77 ± 0,34 |
| | 4 | M1 | 12,95 ± 0,63 | 8,88 ± 0,90 |
| | | M2 | 13,67 ± 0,45 | 20,89 ± 6,96 |
| | 7 | M1 | 11,99 ± 0,67 | 5,67 ± 1,31 |
| | | M2 | 13,02 ± 0,88 | 5,73 ± 0,68 |
| | 9 | M1 | 13,21 ± 0,57 | 18,49 ± 1,84 |
| | | M2 | 15,34 ± 0,98 | 15,29 ± 1,31 |
| | 11 | M1 | 19,58 ± 1,42 | 16,03 ± 1,73 |
| | | M2 | 22,98 ± 1,80 | 14,22 ± 0,92 |
| | 15 | M1 | 17,24 ± 0,71 | 15,79 ± 1,98 |
| | | M2 | 20,96 ± 1,08 | 13,32 ± 0,54 |
| | 17 | M1 | 22,85 ± 0,99 | 18,80 ± 2,08 |
| | | M2 | 16,17 ± 0,98 | 16,28 ± 1,26 |
| | 21 | M1 | 28,85 ± 0,81 | 16,86 ± 1,77 |
| | | M2 | 24,96 ± 1,24 | 14,18 ± 0,79 |
| | 23 | M1 | 27,09 ± 1,18 | 29,95 ± 2,64 |
| | | M2 | 24,93 ± 1,06 | 23,83 ± 1,17 |
| | 25 | M1 | 21,32 ± 0,34 | 34,22 ± 3,66 |
| | | M2 | 22,15 ± 0,55 | 25,68 ± 1,36 |
| | 27 | M1 | 24,00 ± 1,10 | 15,89 ± 1,50 |
| | | M2 | 22,00 ± 1,50 | 12,29 ± 0,46 |
| | 30 | M1 | 27,46 ± 0,64 | 23,69 ± 2,09 |
| | | M2 | 22,39 ± 0,14 | 18,28 ± 1,09 |
| | 2 | M1 | 19,57 ± 1,01 | |
| | | M2 | 22,79 ± 0,23 | |
| | 4 | M1 | 14,02 ± 1,94 | |
| | | M2 | 12,21 ± 2,19 | |
| | 7 | M1 | 15,26 ± 1,61 | |
| | | M2 | 28,79 ± 4,02 | |
| | 9 | M1 | 16,83 ± 2,43 | |
| | | M2 | 28,30 ± 2,50 | |
| | 11 | M1 | 23,75 ± 2,74 | |
| | | M2 | 27,76 ± 0,48 | |
| 15 | M1 | 20,91 ± 3,19 | | |

| | | | | |
|----|----|--------------|--------------|--------------|
| 97 | 17 | M2 | 21,12 ± 0,37 | |
| | | M1 | 15,70 ± 0,81 | |
| | 21 | M2 | 23,70 ± 0,90 | |
| | | M1 | 24,49 ± 1,91 | |
| | 23 | M2 | 28,92 ± 0,17 | |
| | | M1 | 23,45 ± 2,01 | |
| | 25 | M2 | 26,41 ± 0,77 | |
| | | M1 | 22,38 ± 2,36 | |
| | 27 | M2 | 31,47 ± 1,67 | |
| | | M1 | 26,50 ± 0,80 | |
| 30 | M2 | 44,55 ± 1,46 | | |
| | M1 | 31,22 ± 3,03 | | |
| 98 | 2 | M1 | 24,89 ± 1,26 | 10,48 ± 0,27 |
| | | M2 | 26,04 ± 1,35 | 13,20 ± 0,20 |
| | 4 | M1 | 15,67 ± 0,61 | 10,05 ± 0,35 |
| | | M2 | 15,62 ± 0,66 | 11,50 ± 0,10 |
| | 7 | M1 | 16,44 ± 0,71 | 11,22 ± 0,77 |
| | | M2 | 33,40 ± 4,48 | 13,81 ± 0,10 |
| | 9 | M1 | 21,30 ± 2,10 | 18,10 ± 1,20 |
| | | M2 | 30,25 ± 1,40 | 20,21 ± 0,32 |
| | 11 | M1 | 26,21 ± 0,87 | 10,58 ± 0,44 |
| | | M2 | 27,11 ± 0,95 | 12,08 ± 0,36 |
| | 15 | M1 | 21,12 ± 0,72 | 10,61 ± 0,78 |
| | | M2 | 21,63 ± 0,69 | 11,07 ± 0,90 |
| | 17 | M1 | 24,72 ± 1,00 | 31,83 ± 1,89 |
| | | M2 | 23,00 ± 0,80 | 25,32 ± 4,51 |
| | 21 | M1 | 32,12 ± 1,18 | 23,76 ± 1,89 |
| | | M2 | 25,73 ± 0,21 | 23,50 ± 0,81 |
| | 23 | M1 | 26,92 ± 1,10 | 9,30 ± 1,96 |
| | | M2 | 26,51 ± 1,09 | 10,52 ± 1,28 |
| | 25 | M1 | 28,50 ± 1,34 | 31,54 ± 1,38 |
| | | M2 | 27,94 ± 0,36 | 27,86 ± 1,12 |
| 27 | M1 | 39,99 ± 1,98 | 26,02 ± 1,76 | |
| | M2 | 38,49 ± 1,11 | 24,96 ± 0,92 | |
| 30 | M1 | 38,59 ± 2,16 | 30,31 ± 1,77 | |
| | M2 | 34,13 ± 0,40 | 26,88 ± 0,92 | |
| | 2 | M1 | 18,09 ± 1,57 | |
| | | M2 | 16,96 ± 0,76 | |
| | 4 | M1 | 23,52 ± 1,57 | |
| | | M2 | 13,75 ± 0,85 | |
| | 7 | M1 | 36,95 ± 2,38 | |
| | | M2 | 17,14 ± 1,21 | |
| | 9 | M1 | 22,13 ± 3,39 | |
| | | M2 | 19,81 ± 1,00 | |
| | 11 | M1 | 23,73 ± 1,54 | |

| | | | | | |
|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--|
| 152 | 15 | M2 | 24,07 ± 1,11 | | |
| | | M1 | 22,23 ± 0,77 | | |
| | 17 | M2 | 22,79 ± 0,26 | | |
| | | M1 | 18,36 ± 0,34 | | |
| | 21 | M2 | 17,80 ± 0,26 | | |
| | | M1 | 31,51 ± 0,99 | | |
| | 23 | M2 | 27,52 ± 1,79 | | |
| | | M1 | 29,41 ± 1,30 | | |
| | 25 | M2 | 23,37 ± 0,72 | | |
| | | M1 | 21,90 ± 0,10 | | |
| | 27 | M2 | 17,85 ± 2,12 | | |
| | | M1 | 32,22 ± 1,30 | | |
| | 30 | M2 | 23,13 ± 0,90 | | |
| | | M1 | 47,69 ± 5,23 | | |
| | 153 | 2 | M2 | 31,05 ± 1,24 | |
| | | | M1 | 35,34 ± 4,02 | |
| 4 | | M2 | 25,00 ± 1,70 | | |
| | | M1 | 27,37 ± 0,89 | | |
| 7 | | M2 | 24,88 ± 0,82 | | |
| | | M1 | 55,31 ± 6,14 | | |
| 9 | | M2 | 24,77 ± 0,75 | | |
| | | M1 | 30,21 ± 1,38 | | |
| 11 | | M2 | 25,99 ± 0,36 | | |
| | | M1 | 34,81 ± 1,20 | | |
| 15 | | M2 | 35,13 ± 0,99 | | |
| | | M1 | 43,94 ± 3,39 | | |
| 17 | | M2 | 32,88 ± 0,08 | | |
| | | M1 | 35,53 ± 1,59 | | |
| 21 | | M2 | 39,57 ± 0,77 | | |
| | | M1 | 61,89 ± 5,46 | | |
| 23 | | M2 | 24,19 ± 0,70 | | |
| | | M1 | 71,61 ± 6,18 | | |
| 25 | | M2 | 41,46 ± 0,30 | | |
| | | M1 | 43,05 ± 3,38 | | |
| 27 | M2 | 23,93 ± 0,16 | | | |
| | M1 | 100,9 ± 11,5 | | | |
| 30 | M2 | 28,58 ± 1,00 | | | |
| | M1 | 118,6 ± 18,5 | | | |
| | 2 | M2 | 35,60 ± 0,52 | | |
| | | M1 | 23,25 ± 1,86 | 41,13 ± 2,69 | |
| | 4 | M2 | 35,03 ± 1,87 | 40,15 ± 0,54 | |
| | | M1 | 13,50 ± 0,84 | 11,02 ± 0,65 | |
| | | M2 | 20,75 ± 1,76 | 12,30 ± 0,31 | |

| | | | | |
|---|----|--------------|--------------|--------------|
| 154 | 7 | M1 | 22,16 ± 2,10 | 22,07 ± 0,81 |
| | | M2 | 19,88 ± 0,61 | 21,07 ± 1,36 |
| | 9 | M1 | 22,70 ± 1,50 | 10,21 ± 1,49 |
| | | M2 | 15,08 ± 0,45 | 10,44 ± 1,11 |
| | 11 | M1 | 23,29 ± 0,88 | 12,31 ± 0,87 |
| | | M2 | 27,09 ± 0,75 | 11,95 ± 0,28 |
| | 15 | M1 | 18,51 ± 0,66 | 29,13 ± 2,29 |
| | | M2 | 23,21 ± 0,44 | 24,53 ± 0,57 |
| | 17 | M1 | 21,90 ± 0,60 | 23,46 ± 1,88 |
| | | M2 | 18,99 ± 1,10 | 20,99 ± 0,15 |
| | 21 | M1 | 28,61 ± 1,01 | 10,61 ± 0,22 |
| | | M2 | 27,93 ± 1,33 | 10,19 ± 0,08 |
| | 23 | M1 | 45,98 ± 0,66 | 42,72 ± 1,49 |
| | | M2 | 38,11 ± 2,32 | 27,30 ± 0,67 |
| | 25 | M1 | 27,14 ± 0,84 | 29,10 ± 0,66 |
| | | M2 | 24,78 ± 1,33 | 25,08 ± 0,61 |
| | 27 | M1 | 38,05 ± 1,04 | 32,35 ± 1,29 |
| | | M2 | 25,65 ± 1,20 | 29,82 ± 0,06 |
| 30 | M1 | 33,42 ± 0,65 | 28,70 ± 1,93 | |
| | M2 | 26,63 ± 1,68 | 24,18 ± 0,76 | |
| Tiempo de conservación | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Material genético | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Estado de madurez | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Tiempo de conservación x material genético | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Material genético x estado de madurez | | | <0,0001 | 0,0072 |
| Tiempo de conservación x estado de madurez | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Tiempo de conservación x material genético x estado de madurez | | | <0,0001 | 0,4514 NS |

NS, no significativo, $P > 0,05$. Los datos representan medias ($n = 3$) ± error estándar.

En ambos años se observó la presencia de varias alzas respiratorias durante el período de conservación (Figuras 8 y 9). Para ambos estados de madurez, la primer alza se dio entre los siete y los once días, según el material, la cual puede ser atribuida al climaterio de los frutos; la segunda entre el día 17 y el 21, y a partir del día 27 la tercera, que pueden atribuirse al proceso de senescencia de los frutos. Rodríguez et al. (2006), Gallego-Corrales et al. (2003) y Reid (1975) ya habían demostrado previamente el comportamiento climatérico del guayabo almacenado a temperatura ambiente (20 °C) y en frío (16, 12 y 7 °C), evidenciado por un aumento en las tasas de consumo de O₂ y emisión de CO₂ con el transcurso del tiempo de conservación.

En el presente trabajo se observó una disminución en la intensidad respiratoria durante los primeros cuatro días de almacenamiento, lo que concuerda con Hernández (1994), que sostiene que los frutos de guayabo muestran una alta intensidad respiratoria el día de la cosecha, para disminuir durante los primeros días de conservación a 5 °C. Las altas tasas encontradas inmediatamente luego de la cosecha podrían estar explicadas por el estrés provocado al separar el fruto de la planta madre durante la cosecha.

Para los materiales analizados ambos años, el patrón respiratorio fue el mismo, registrándose una tasa respiratoria más alta luego de la cosecha (22,73 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹) que disminuyó a los 4 días (13,91 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹) para aumentar progresivamente alcanzando un valor de 27,93 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹ luego de 30 días a 5 °C.

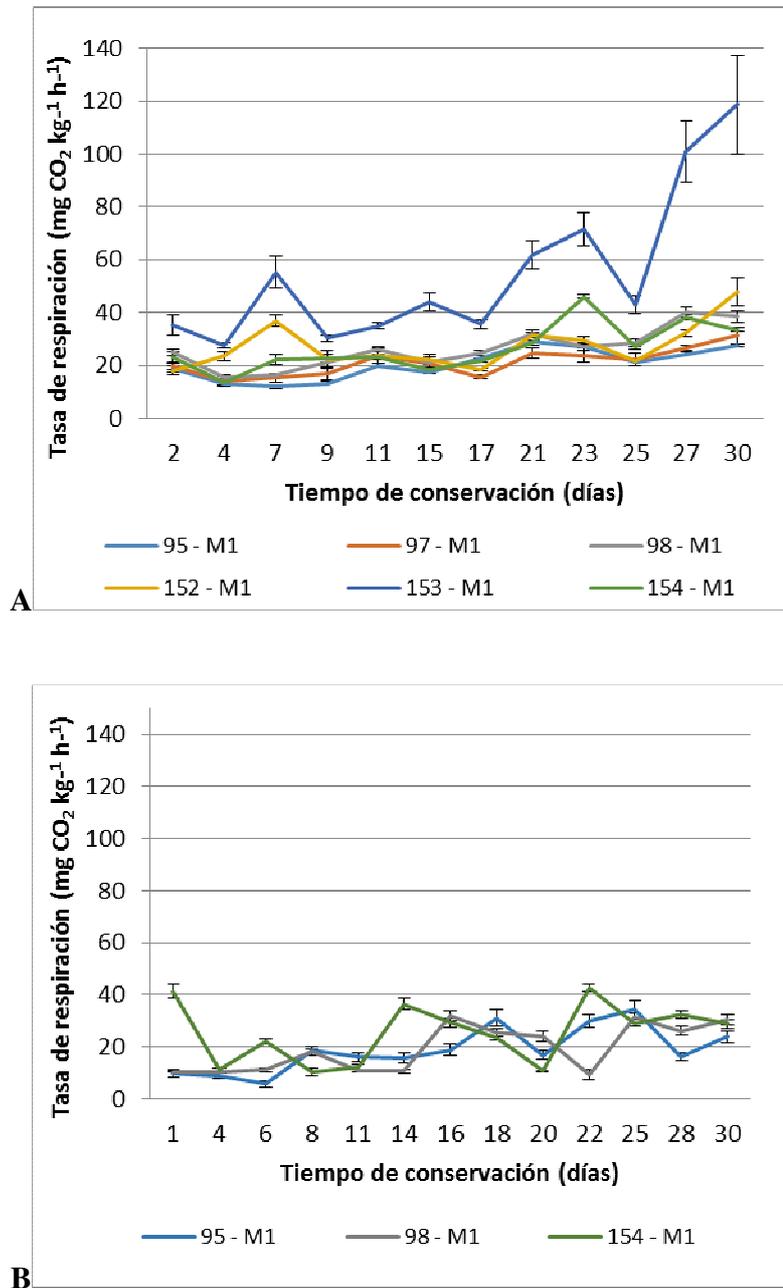


Figura 8. Evolución de la tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de frutos de los diferentes materiales genéticos de guayabo para las temporadas 2015 (A) y 2016 (B). Los valores representan medias ($n = 3$) \pm error estándar.

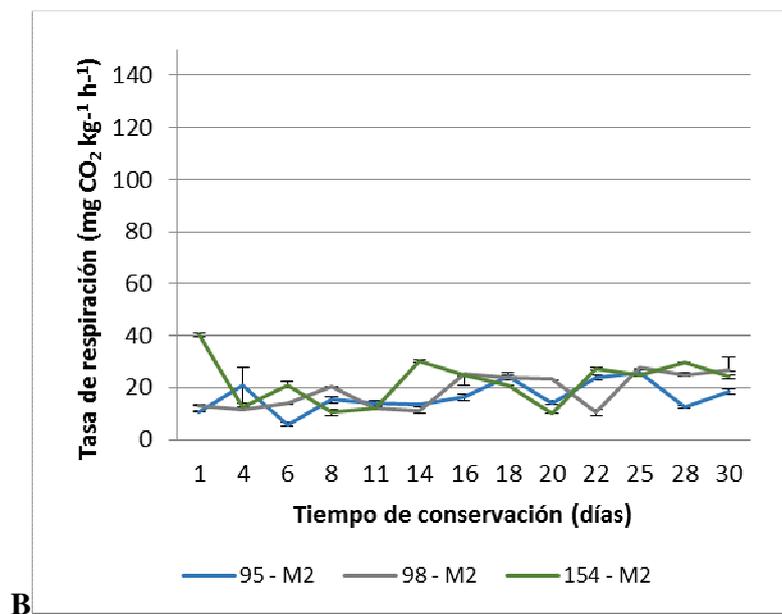
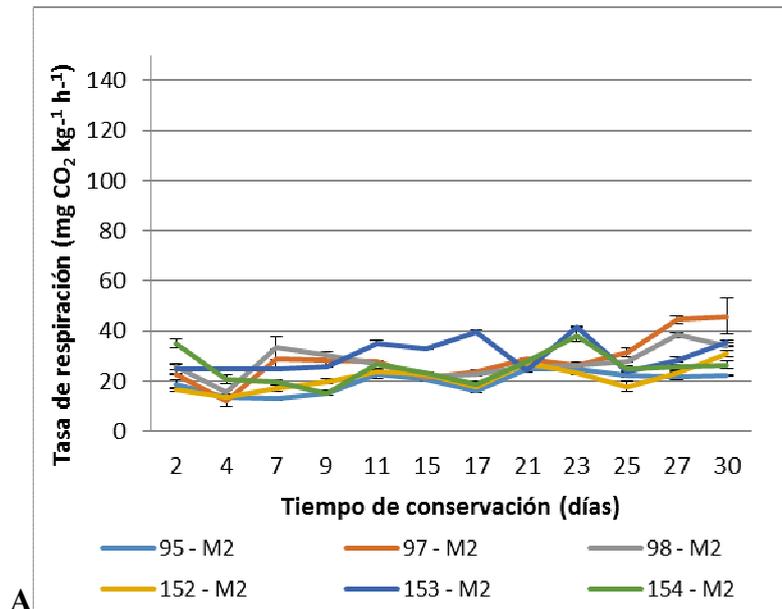


Figura 9. Evolución de la tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de frutos de los diferentes materiales genéticos de guayabo, para las temporadas 2015 (A) y 2016 (B). Los valores representan medias ($n = 3$) \pm error estándar.

En el año 2015 el material que presentó mayor respiración fue el 153, con valores promedio de entre 30 y 77 $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. En el estado M1 la tasa

respiratoria fue muy elevada durante todo el período de conservación, lo que pudo ser debido a que la fruta estuviera más inmadura ya que esta planta tenía pocos frutos al momento del muestreo. Según Wills et al. (1998) la fruta menos madura necesita continuar con el consumo de sus reservas así como con su respiración y senescencia, en mayor medida que la fruta de mayor madurez. El material con menor tasa respiratoria fue el 95, con valores promedio de entre 19 y 25 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹.

En 2016 la mayor respiración se registró para el material 154, con valores entre 41 y 26 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹, y la menor fue nuevamente la del material 95 con valores entre 10 y 21 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹. Según Beverly et al. (1993) la mayoría de las características de calidad poscosecha, en especial la actividad metabólica, están controladas genéticamente, y por lo tanto pueden variar con el cultivar.

En general los frutos de todos los materiales genéticos presentaron mayor intensidad respiratoria en el estado M1 que en estado M2, siendo 14 y 9% mayor en 2015 y 2016 respectivamente, pero hubo algunos momentos de evaluación donde no se encontraron diferencias significativas.

3.1.3 Tasa de emisión de C₂H₄

En la Tabla 4 se presentan los valores promedio de tasa de emisión de C₂H₄ de frutos de guayabo de distintos materiales genéticos, en estados de madurez M1 y M2, durante 30 días de conservación a 5 °C, para el año 2015. Los valores de emisión estuvieron entre 0 y 100,8 μL C₂H₄ kg⁻¹ . h⁻¹ durante todo el período de conservación. Si observamos los promedios de cada material genético, éstos estuvieron entre 16,91 y 35,87 μL C₂H₄ kg⁻¹ . h⁻¹. Estos valores son inferiores a los reportados por Kader (2006) en guayabos conservados a 20 °C durante el máximo climatérico, que estuvo en el rango 40-50 μL C₂H₄ kg⁻¹ . h⁻¹. Esto era de esperar, ya que la emisión de C₂H₄ en frutos en refrigeración es inferior a la emitida por frutos almacenados a temperatura ambiente.

Los valores de emisión de C₂H₄ para el guayabo del género *Psidium*, fruto climatérico emparentado con el guayabo, fue reportado entre 24,6 y 39,4 μl C₂H₄ kg⁻¹

. h⁻¹ a 25 °C (Singh y Pal, 2008), valores más próximos a los encontrados en este trabajo.

Tabla 4. Tasa de emisión (TE) de C₂H₄ (μL C₂H₄ kg⁻¹ . h⁻¹) de frutos de guayabo distintos materiales genéticos y estados de madurez, durante 30 días de conservación a 5 °C, en 2015.

| Material genético | Tiempo de conservación (días) | Estado de madurez | TE (μL C ₂ H ₄ kg ⁻¹ . h ⁻¹) | |
|-------------------|-------------------------------|-------------------|---|-------------|
| 95 | 2 | M1 | 12,70 ± 6,49 | |
| | | M2 | 11,63 ± 0 | |
| | 5 | M1 | 12,70 ± 8,57 | |
| | | M2 | 11,63 ± 2,21 | |
| | 9 | M1 | 6,49 ± 3,50 | |
| | | M2 | 5,03 ± 0,15 | |
| | 12 | M1 | 22,26 ± 4,50 | |
| | | M2 | 15,18 ± 4,01 | |
| | 15 | M1 | 13,69 ± 3,50 | |
| | | M2 | 28,27 ± 4,52 | |
| | 17 | M1 | 19,44 ± 0,97 | |
| | | M2 | 24,45 ± 3,34 | |
| | 20 | M1 | 47,15 ± 3,30 | |
| | | M2 | 35,33 ± 4,53 | |
| | 22 | M1 | 23,38 ± 3,91 | |
| | | M2 | 77,57 ± 4,51 | |
| | 24 | M1 | 54,69 ± 3,52 | |
| | | M2 | 92,01 ± 6,75 | |
| | 27 | M1 | 49,42 ± 4,21 | |
| | | M2 | 77,51 ± 8,44 | |
| | 30 | M1 | 47,97 ± 10,28 | |
| | | M2 | 100,80 ± 19,04 | |
| | | 2 | M1 | 0 ± 0 |
| | | | M2 | 7,94 ± 4,67 |
| 5 | | M1 | 7,56 ± 4,35 | |
| | | M2 | 24,43 ± 5,42 | |
| 9 | | M1 | 17,78 ± 9,01 | |
| | | M2 | 16,17 ± 3,34 | |
| 12 | | M1 | 11,97 ± 0,37 | |
| | | M2 | 18,77 ± 2,33 | |
| 15 | | M1 | 10 ± 0 | |

| | | | |
|----|----|--------------|---------------|
| 97 | 17 | M2 | 20,51 ± 1,41 |
| | | M1 | 17,47 ± 3,51 |
| | 20 | M2 | 17,70 ± 5,16 |
| | | M1 | 31,94 ± 3,40 |
| | 22 | M2 | 13,12 ± 2,60 |
| | | M1 | 48,64 ± 8,25 |
| | 24 | M2 | 36,89 ± 6,41 |
| | | M1 | 74,34 ± 17,51 |
| | 27 | M2 | 11,04 ± 4,21 |
| | | M1 | 79,42 ± 10,05 |
| | 30 | M2 | 37,49 ± 3,71 |
| | | M1 | 82,01 ± 12,52 |
| 98 | 2 | M2 | 66,01 ± 8,57 |
| | | M1 | 9,49 ± 8,11 |
| | 5 | M2 | 2,43 ± 2,43 |
| | | M1 | 0 ± 0 |
| | 9 | M2 | 0 ± 0 |
| | | M1 | 5,95 ± 1,09 |
| | 12 | M2 | 8,50 ± 1,87 |
| | | M1 | 13,47 ± 1,79 |
| | 15 | M2 | 20,74 ± 9,05 |
| | | M1 | 7,13 ± 3,13 |
| | 17 | M2 | 11,65 ± 5,12 |
| | | M1 | 26,88 ± 2,50 |
| | 20 | M2 | 37,71 ± 3,21 |
| | | M1 | 12,41 ± 3,50 |
| | 22 | M2 | 27,97 ± 4,62 |
| | | M1 | 20,59 ± 6,47 |
| | 24 | M2 | 21,41 ± 5,14 |
| | | M1 | 24,59 ± 1,96 |
| 27 | M2 | 15,77 ± 8,85 | |
| | M1 | 23,00 ± 2,00 | |
| 30 | M2 | 22,24 ± 2,52 | |
| | M1 | 21,12 ± 4,33 | |
| | 2 | M2 | 38,99 ± 5,29 |
| | | M1 | 8,17 ± 4,07 |
| | 5 | M2 | 9,62 ± 0,79 |
| | | M1 | 8,17 ± 4,42 |
| | 9 | M2 | 9,62 ± 3,84 |
| | | M1 | 11,2 ± 1,09 |
| | 12 | M2 | 15,3 ± 2,22 |
| | | M1 | 21,20 ± 4,29 |
| | 15 | M2 | 11,24 ± 2,52 |
| | | M1 | 12,10 ± 1,54 |
| 17 | M2 | 14,70 ± 4,48 | |
| | M1 | 15,00 ± 0,11 | |
| | | M2 | 29,96 ± 3,18 |

| | | | |
|-----|----|------------------|------------------|
| 152 | 20 | M1 | $34,57 \pm 9,57$ |
| | | M2 | $17,62 \pm 9,61$ |
| | 22 | M1 | $12,17 \pm 0,98$ |
| | | M2 | $17,62 \pm 2,11$ |
| | 24 | M1 | $11,57 \pm 5,95$ |
| | | M2 | $18,44 \pm 0,09$ |
| | 27 | M1 | $25,14 \pm 2,43$ |
| | | M2 | $16,27 \pm 6,06$ |
| 30 | M1 | $53,68 \pm 7,33$ | |
| | M2 | $38,73 \pm 8,31$ | |
| 153 | 2 | M1 | $0,49 \pm 0,49$ |
| | | M2 | $8,76 \pm 0,66$ |
| | 5 | M1 | $1,38 \pm 1,38$ |
| | | M2 | $17,72 \pm 4,37$ |
| | 9 | M1 | $16,62 \pm 4,22$ |
| | | M2 | $16,26 \pm 0,73$ |
| | 12 | M1 | $11,40 \pm 3,77$ |
| | | M2 | $17,86 \pm 2,02$ |
| | 15 | M1 | $4,19 \pm 1,55$ |
| | | M2 | $10 \pm 2,11$ |
| | 17 | M1 | $21,54 \pm 2,40$ |
| | | M2 | $13,48 \pm 3,42$ |
| | 20 | M1 | $29,04 \pm 3,61$ |
| | | M2 | $34,97 \pm 2,80$ |
| | 22 | M1 | $30,31 \pm 2,70$ |
| | | M2 | $32,52 \pm 4,11$ |
| | 24 | M1 | $17,98 \pm 8,54$ |
| | | M2 | $13,08 \pm 5,61$ |
| | 27 | M1 | $4,51 \pm 1,10$ |
| | | M2 | $18,97 \pm 2,37$ |
| 30 | M1 | $23,27 \pm 1,20$ | |
| | M2 | $31,92 \pm 4,22$ | |
| | 2 | M1 | $4,10 \pm 4,10$ |
| | | M2 | $11,41 \pm 3,39$ |
| | 5 | M1 | $8,23 \pm 0,77$ |
| | | M2 | $18,12 \pm 0,32$ |
| | 9 | M1 | $14,26 \pm 9,23$ |
| | | M2 | $36,53 \pm 5,71$ |
| | 12 | M1 | $12,68 \pm 3,83$ |
| | | M2 | $40,28 \pm 7,20$ |
| | 15 | M1 | $15,44 \pm 6,20$ |
| | | M2 | $6,02 \pm 4,98$ |
| | 17 | M1 | $13,02 \pm 2,40$ |
| | | M2 | $9,31 \pm 2,24$ |
| | 20 | M1 | $23,75 \pm 3,11$ |
| | | M2 | $37,34 \pm 0,22$ |
| 22 | M1 | $41,14 \pm 3,45$ | |

| | | | |
|---|----|----|--------------|
| 154 | 24 | M2 | 75,24 ± 5,28 |
| | | M1 | 15,16 ± 3,64 |
| | 27 | M2 | 53,52 ± 9,33 |
| | | M1 | 17,11 ± 2,31 |
| | 30 | M2 | 32,15 ± 3,30 |
| | | M1 | 27,31 ± 4,32 |
| | | M2 | 44,72 ± 3,23 |
| Tiempo de conservación | | | <0,0001 |
| Material genético | | | <0,0001 |
| Estado de madurez | | | 0,0014 |
| Tiempo de conservación x material genético | | | <0,0001 |
| Material genético x estado de madurez | | | 0,0016 |
| Tiempo de conservación x estado de madurez | | | 0,1102 NS |
| Tiempo de conservación x material genético x estado de madurez | | | <0,0001 |

NS, no significativo, $P > 0,05$. Los datos representan medias ($n = 3$) ± error estándar.

Al igual que la tasa respiratoria, la producción de C_2H_4 mostró alzas durante el período de almacenamiento, la primera de ellas entre los días 9 y 12, la segunda entre los 17 y los 20, y la tercera entre los 24 y los 30, aunque no fue tan clara la ocurrencia de las tres para todos los materiales (Figura 10 A y B). De acuerdo a estos resultados, podríamos establecer que el pico climatérico ocurrió entre los 17 y los 20 días para los frutos en estado M1, y entre los 9 y los 12 días para el estado M2, por lo que el alza posterior estaría asociada al proceso de senescencia. Esto es acorde a lo reportado por Reid (1975), quien sostiene que los guayabos tienen una producción climatérica de C_2H_4 . Este autor también reporta que la emisión de C_2H_4 durante el período preclimatérico es baja, con valores entre 0,00396-0,01656 $\mu L C_2H_4 kg^{-1} \cdot h^{-1}$ para frutos conservados a temperatura ambiente.

En términos generales se observó que la emisión fue más baja y constante durante los primeros 15 días de almacenamiento ($<40 \mu L C_2H_4 kg^{-1} \cdot h^{-1}$), y luego presentó aumentos en la tasa y picos más pronunciados desde los 15 hasta los 30 días. Los valores promedio fueron de 7,23 $\mu L C_2H_4 kg^{-1} \cdot h^{-1}$ a los 2 días, 12,81 $\mu L C_2H_4 kg^{-1} \cdot h^{-1}$ a los 15 días, y 48,04 $\mu L C_2H_4 kg^{-1} \cdot h^{-1}$ a los 30 días.

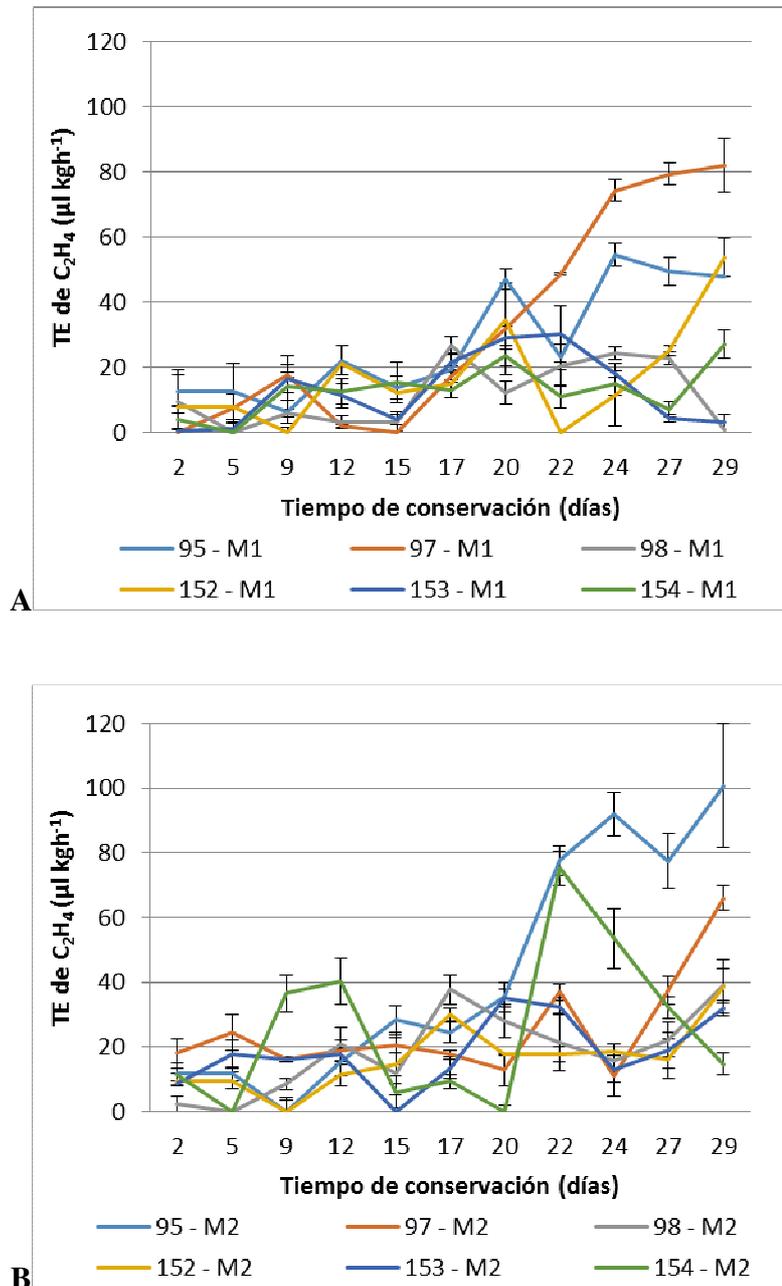


Figura 10. Evolución de la tasa de emisión de C_2H_4 ($\mu L C_2H_4 kg^{-1} \cdot h^{-1}$) de frutos de los diferentes materiales genéticos de guayabo conservados a $5^\circ C$, en 2015. Los valores representan medias ($n = 3$) \pm error estándar.

Tal como se observa en la Figura 10, tanto el patrón de emisión así como los valores absolutos variaron para cada material genético. Mientras los genotipos 98,

152 M2, 153 y 154 M1 presentaron un comportamiento más estable con valores inferiores a $40 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ durante todo el período de conservación, el resto tuvo por lo menos un aumento de emisión pronunciado, que superó dicho valor. Contrariamente a lo observado en la respiración, el material 153 M1 no se destacó, lo que refuerza la hipótesis de que se encontraba en un estado bastante inmaduro al momento de la cosecha.

Los niveles más altos correspondieron al material 95, que estuvo entre 5 y $100,8 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, y los más bajos al material 98, entre 0 y $39 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Estudios realizados también indican que diferentes clones de guayabo de Brasil, Uruguay y Colombia presentan variación en los niveles de producción de C_2H_4 (entre $11,72$ y $50,0 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) para temperaturas de almacenamiento de 4 y 23 °C (Velho et al., 2011, Amarante et al., 2008, Rodríguez et al., 2006, Valderrama et al., 2005, Gallego-Corrales et al., 2003, Seymour et al., 1993).

Los materiales 95, 98, 153 y 154 presentaron mayores valores de emisión para el estado M2 que para el M1. Los promedios obtenidos para cada uno de ellos en M1 y M2 fueron de $28,17$ y $43,76$; $14,97$ y $18,85$; $14,61$ y $19,59$; y $17,47$ y $33,15 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ respectivamente. Sin embargo los frutos del material 97 cosechados en M2 tuvieron menores tasas de emisión que los cosechados en M1, con valores promedio de $34,65$ y $24,55 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ respectivamente, y para el material 152 no hubo diferencias significativas. Rupavatharam et al. (2015) también reportaron mayores valores de emisión de C_2H_4 en frutos de madurez más avanzada, obteniendo valores promedio luego de seis semanas de almacenamiento a 4 °C, de $2,04$ - $2,86 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ para los frutos cosechados 4 y 2 semanas antes de caída natural, y de $4,66 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ para los cosechados en caída natural.

3.1.4 Pérdida de Peso (PP)

En las Tablas 5 y 6 se presentan los valores promedio de tasa de PP para los años 2015 y 2016 respectivamente. Los valores corresponden a petacas de 10 frutos y no a frutos individuales, por lo que se cuenta con un valor por tratamiento.

En 2015 los valores estuvieron entre 0,9 y 19,1%, mientras que en 2016 estuvieron entre 1,8 y 23,4%.

Tabla 5. Tasa de PP (%) de distintos materiales genéticos de guayabo conservados a 5 °C, en distintos estados de madurez. Temporada 2015.

| Tiempo de conservación (días) | Material genético/ Estado de madurez | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| | 95 | | 97 | | 98 | | 152 | | 153 | | 154 | |
| | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 |
| 8 | 1,7 | 3,4 | 4,0 | 4,5 | 1,7 | 0,9 | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 1,6 | 1,7 | 4,3 |
| 15 | 4,9 | 3,5 | 2,6 | 3,3 | 3,1 | 2,2 | 4,2 | 4,4 | 3,1 | 2,1 | 1,7 | 4,2 |
| 30 | 6,6 | 5,9 | 4,7 | 10,3 | 3,8 | 4,1 | 7,8 | 7,4 | 7,3 | 6,7 | 7,7 | 13,0 |
| 8+7 | 5,1 | 7,3 | 13 | 7,4 | 9,6 | 7,5 | 2,3 | 4,9 | 9,2 | 3,8 | 5,4 | 8,4 |
| 15+7 | 10,0 | 12,0 | 11,9 | 12,9 | 11,0 | 7,7 | 9,6 | 11,1 | 13,7 | 10,2 | 10,6 | 13,3 |
| 30+7 | 13,3 | 12,4 | 14,0 | 16,6 | 13,8 | 10,9 | 15,1 | 14,7 | 18,4 | 14,3 | 14,2 | 19,1 |

Tabla 6. Tasa de PP (%) de distintos materiales genéticos de guayabo conservados a 5 °C, en distintos estados de madurez. Temporada 2016.

| Tiempo de conservación (días) | Material genético/ Estado de madurez | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|
| | 95 | | 98 | | 154 | |
| | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 |
| 8 | 2,9 | 1,8 | 2,4 | 1,8 | 2,1 | 2,0 |
| 15 | 4,4 | 3,3 | 5,2 | 2,7 | 4,0 | 3,6 |
| 30 | 8,0 | 6,5 | 11,2 | 5,7 | 7,4 | 7,4 |
| 8+7 | 10,0 | 9,0 | 8,8 | 7,9 | 7,6 | 13,3 |
| 15+7 | 12,6 | 9,7 | 14,2 | 10,6 | 12,7 | 12,0 |
| 30+7 | 18,4 | 10,8 | 23,4 | 15,4 | 13,3 | 12,3 |

En ambos años la PP aumentó con el transcurso de la conservación refrigerada (Figura 11). En 2015 los valores promedio fueron de 2,4% luego de 8 días y 7,1% luego de 30 días. En 2016 los promedios fueron de 2,2% luego de 8 días y 7,7% luego de 30 días. Hoffmann et al. (1994) reportaron valores un poco superiores para frutos de guayabo, de 10,6% luego de 21 días y 16,2% luego de 28 días de conservación a 2 °C y HR entre 85 y 90%. La deshidratación es la principal razón de la PP de los frutos durante la maduración en poscosecha (Kays y Paull, 2004), y puede ser descrita en términos de diferencias de actividad del agua a través de la membrana, concentración del agua libre y diferencias de presión de vapor entre la superficie del producto y el ambiente que lo rodea (Becker y Fricke, 2001). La PP producida por la pérdida de carbono durante la respiración es considerada despreciable (Sastry, 1985).

La PP promedio en vida de estante fue de 11% en 2015 y 12% en 2016. Fue más acelerada que durante la conservación refrigerada. En 2015 la PP aumentó casi tres veces de 8 a 8+7 días y dos veces de 30 a 30+7 días. En 2016 los aumentos fueron de cuatro y dos veces respectivamente. Esto puede explicarse por las diferencias en las condiciones de temperatura y HR presentes en ambos ambientes de conservación, que fueron de 5 °C y 95% HR en la conservación refrigerada y 20 °C y 75% HR en vida de estante, donde la mayor temperatura y menor HR determinan un

mayor déficit de presión de vapor y por lo tanto mayor pérdida de agua de los frutos para compensar el déficit. En un trabajo de FAO (2003) se afirma que las bajas temperaturas minimizan el déficit de presiones de vapor entre el producto y el medio ambiente, disminuyendo la deshidratación.

Por otra parte, Castellanos et al. (2016), estudiaron el comportamiento de guayabos conservados a distintas temperaturas y HR donde el uso de AM permitió un aumento de la HR, hasta 85% en relación al ambiente que presentaba un 68%. Con respecto al efecto de la temperatura, concluyeron que la PP fue mayor a 17 °C (1,69%) que a 12 °C (1,26%) y a 6 °C (0,67%). Mientras que, en relación al efecto de la HR, en los frutos sin empacar (HR de 68%) la PP fue mayor (9,82%) a la registrada en los frutos empacados (85% HR y PP de 1,73%).

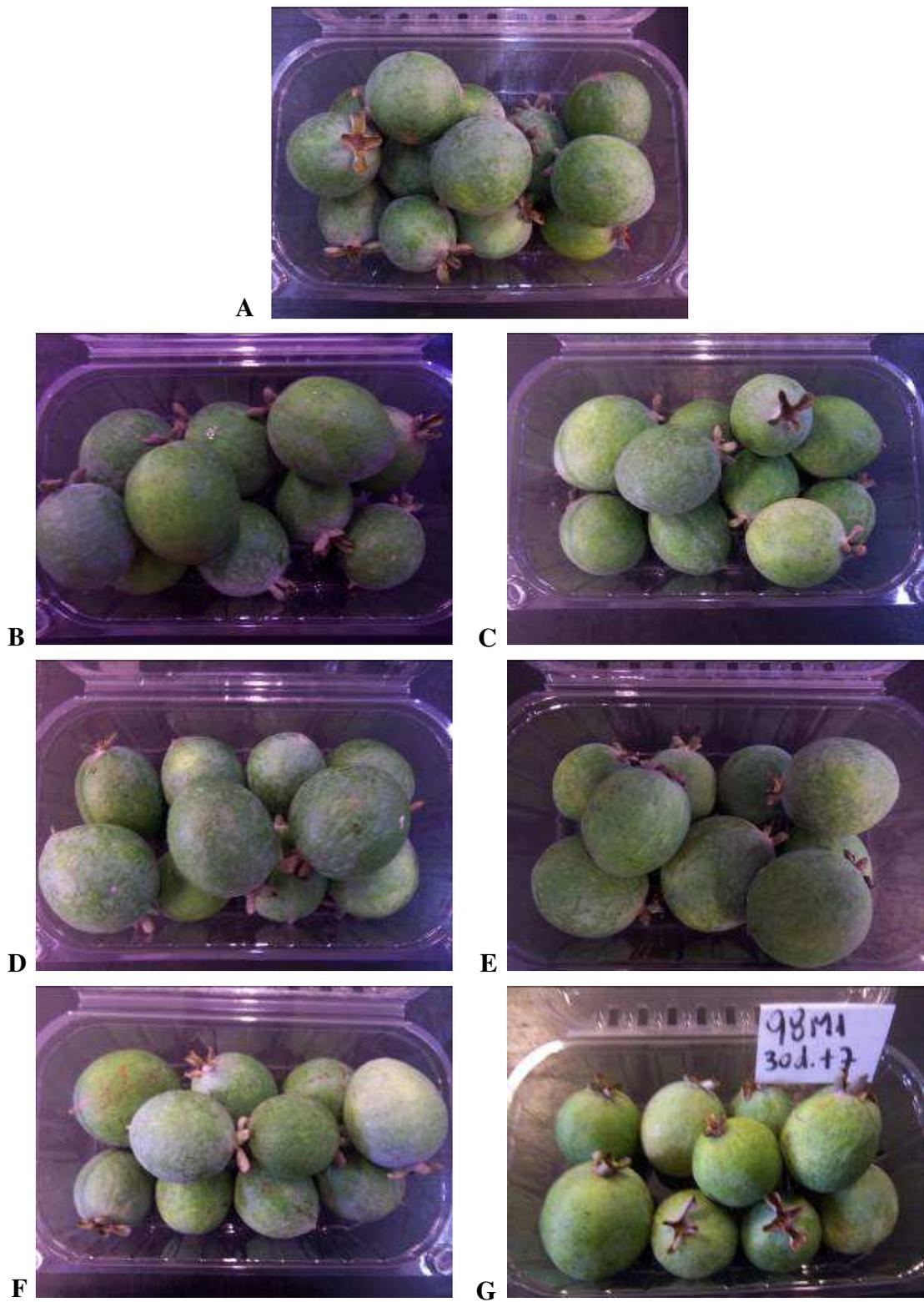


Figura 11. Guayabos de la selección 98 en estado M1, temporada 2015. Cosecha (A), luego de 8 (B), 15 (C), 30 (D) días a 5 °C, 8+7 (E), 15+7 (F) y 30+7 (G) días.

Los momentos de evaluación donde se alcanzó o superó el 10% de PP, para todos los materiales en ambas temporadas, fueron 15+7 y 30+7 días. Si bien la pérdida de agua afecta a los frutos y vegetales frescos en distinta medida, según FAO (1993) cuando las frutas, hortalizas, raíces y tubérculos recolectados pierden de un 5 a un 10% de su peso original, los síntomas de deshidratación se hacen visibles y los productos pronto resultan inutilizables. Aunque no se evaluaron síntomas de deshidratación en los frutos, cabe destacar que en estos dos momentos se observó la presencia de arrugas en la piel (Figura 12). Según Kader (1992), la pérdida de agua libre es una de las principales causas de deterioro de los frutos, ya que origina no solamente pérdidas cuantitativas directas, sino también de calidad relacionadas con el aspecto (pérdida de brillo), turgencia, cambios en la textura y el valor nutricional.



Figura 12. Guayabos temporada 2016, selección 95 estado M1 luego de 15+7 días (A), selección 95 estado M2 luego de 15+7 días (B), selección 98 estado M1 luego de 30+7 días (C), selección 98 estado M2 luego de 30+7 días (D).

Las diferencias de PP entre materiales genéticos no fueron pronunciadas. En 2015 los mayores valores los presentaron los frutos 97 y 154, entre 2,6 y 16,6%, y entre 1,7 y 19% respectivamente. El menor valor se registró para el material 98, entre 0,9 y 13,8%. En 2016 los mayores valores fueron registrados para el material 98, entre 1,8 y 23,4%, y los menores para el material 95, entre 2,9 y 18,4%. La variabilidad observada podría deberse a diferencias de espesor de cáscara entre los distintos materiales. Según Bebic (1972), el grosor de la epidermis de frutos de manzana es uno de los factores principales que está relacionado a las PP durante el almacenamiento. También Blažek y Paprštein (2003) afirman que cuánto más gruesa es la piel de las manzanas menor es la PP, contribuyendo a una mejor apariencia de la fruta durante el almacenamiento. Según Holcroft (2015), los daños en la superficie de los frutos como cortes, contusiones y arañazos tienden a incrementar la deshidratación, ya que se ve reducida la resistencia del tejido debido a la modificación de la piel. La presencia de daños en la superficie de los frutos del material 98, que se apreciaban como costras (Figura 12 C y D), podría estar explicando su mayor PP con respecto a los otros materiales en 2016.

Mientras que en 2015 el efecto del estado de madurez no fue importante, en 2016 los frutos tuvieron en promedio un 24% más de PP en estado M1 que en M2 (Tabla 6). Esto concuerda con Mishra y Gamage (2007) que afirman que los frutos inmaduros y sobremaduros transpiran más rápidamente que los de madurez óptima para consumo en fresco inmediato, debido a la mayor permeabilidad de la piel al vapor de agua. Otro factor que podría estar explicando este comportamiento son las diferencias en superficie expuesta de los frutos, relacionado al tamaño de los mismos. Según lo reportado por Diaz-Perez (1998), en frutos de similar forma hay una reducción en la relación superficie/volumen cuando el fruto aumenta de tamaño, por lo tanto se espera que en frutos cosechados en M1 la relación superficie/volumen sea mayor. En este sentido este autor encontró que berenjenas más grandes tenían menor tasa de transpiración (expresada en función del déficit de presión de vapor alrededor de los frutos), con valores de $1,12\% \text{ día}^{-1} \text{ k} \cdot \text{Pa}^{-1}$ para frutos de 180 g, $0,85\% \text{ día}^{-1} \text{ k} \cdot \text{Pa}^{-1}$ para frutos de 300 g, $0,69\% \text{ día}^{-1} \text{ k} \cdot \text{Pa}^{-1}$ para frutos de 450 g, y

0,62% día⁻¹k . Pa⁻¹ para frutos de 550 g, vinculándolo entre otros factores a la reducción de la relación superficie/volumen.

3.1.5 Contenido de Sólidos Solubles Totales (SST) y Acidez Titulable (AT)

En la Tabla 7 se presentan los valores de SST y AT para los distintos tiempos de conservación, materiales genéticos y estados de madurez, en 2015 y 2016.

En 2015 se obtuvieron valores de SST entre 6,7 y 14,3 °Brix, y en 2016 entre 10,4 y 14,4 °Brix. Los valores de AT en 2015 estuvieron entre 0,14 y 2,03 g AC 100 mL⁻¹, mientras que en 2016 estuvieron entre 0,32 y 1,89 g AC 100 mL⁻¹. El contenido SST en la pulpa de un fruto estima el nivel de azúcares como sacarosa, glucosa y fructosa disueltos, que son resultantes de la hidrólisis de los carbohidratos de reserva como el almidón (en aquellos frutos que acumulan almidón) y la sacarosa durante la maduración. Es un estimador de los azúcares porque además mide la presencia de otros compuestos solubles, como ser ácidos, sales, vitaminas solubles y otros compuestos químicos (El-Bulk et al., 1997). De acuerdo a lo reportado por Crisosto et al. (2003), los SST y los ácidos son componentes importantes de la calidad organoléptica de los frutos ya que son determinantes del gusto y la palatabilidad.

Tabla 7. SST ($^{\circ}$ Brix) y AT (g AC 100 mL $^{-1}$) de frutos de guayabo de distintos materiales genéticos, estados de madurez y tiempos de conservación, en 2015 y 2016.

| Tiempo de conservación | Material genético | Estado de madurez | SST | SST | AT | AT | |
|--|-------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| | | | ($^{\circ}$ Brix) 2015 | ($^{\circ}$ Brix) 2016 | (g AC 100 mL $^{-1}$) 2015 | (g AC 100 mL $^{-1}$) 2016 | |
| Inicial | 95 | M1 | 13,1 \pm 0,1 | 12,3 \pm 0,7 | 1,01 \pm 0,00 | 1,17 \pm 0,01 | |
| | | M2 | 13,1 \pm 0,1 | 13,1 \pm 0,5 | 0,96 \pm 0,18 | 0,85 \pm 0,01 | |
| | 97 | M1 | 13,9 \pm 0,1 | | 1,17 \pm 0,27 | | |
| | | M2 | 14,1 \pm 0,1 | | 0,97 \pm 0,02 | | |
| | 98 | M1 | 9,9 \pm 0,1 | 11,5 \pm 0,7 | 1,16 \pm 0,06 | 1,70 \pm 0,01 | |
| | | M2 | 12,9 \pm 0,1 | 12,3 \pm 0,6 | 0,94 \pm 0,03 | 1,50 \pm 0,00 | |
| | 152 | M1 | 11,3 \pm 0,1 | | 1,97 \pm 0,03 | | |
| | | M2 | 11,5 \pm 0,1 | | 1,13 \pm 0,19 | | |
| | 153 | M1 | 11,3 \pm 0,1 | | 1,71 \pm 0,03 | | |
| | | M2 | 10,7 \pm 0,1 | | 1,59 \pm 0,07 | | |
| | 154 | M1 | 11,5 \pm 0,1 | 12,5 \pm 0,4 | 1,44 \pm 0,09 | 1,70 \pm 0,01 | |
| | | M2 | 11,5 \pm 0,1 | 12,1 \pm 0,5 | 0,88 \pm 0,01 | 1,08 \pm 0,02 | |
| | 8 días a 5 $^{\circ}$ C | 95 | M1 | 12,6 \pm 0,0 | 13,4 \pm 0,5 | 1,47 \pm 0,11 | 1,34 \pm 0,02 |
| | | | M2 | 9,3 \pm 0,1 | 12,5 \pm 0,3 | 0,96 \pm 0,01 | 1,04 \pm 0,03 |
| 97 | | M1 | 12,1 \pm 0,1 | | 1,14 \pm 0,01 | | |
| | | M2 | 10,9 \pm 0,1 | | 1,01 \pm 0,01 | | |
| 98 | | M1 | 11,0 \pm 0,1 | 12,7 \pm 0,4 | 1,39 \pm 0,06 | 1,74 \pm 0,01 | |
| | | M2 | 12,7 \pm 0,1 | 12,9 \pm 0,5 | 0,84 \pm 0,01 | 1,21 \pm 0,00 | |
| 152 | | M1 | 11,1 \pm 0,1 | | 1,70 \pm 0,00 | | |
| | | M2 | 10,3 \pm 0,1 | | 1,34 \pm 0,04 | | |
| 153 | | M1 | 10,5 \pm 0,1 | | 1,83 \pm 0,03 | | |
| | | M2 | 10,1 \pm 0,1 | | 1,57 \pm 0,02 | | |
| 154 | | M1 | 11,7 \pm 0,1 | 11,8 \pm 0,4 | 1,58 \pm 0,06 | 1,81 \pm 0,03 | |
| | | M2 | 11,3 \pm 0,1 | 12,3 \pm 0,2 | 1,09 \pm 0,01 | 1,01 \pm 0,01 | |
| 8 días a 5 $^{\circ}$ C + 7 días a 18 $^{\circ}$ C | | 95 | M1 | 11,5 \pm 0,1 | 11,4 \pm 0,2 | 1,02 \pm 0,04 | 0,52 \pm 0,01 |
| | | | M2 | 11,1 \pm 0,1 | 11,6 \pm 0,3 | 0,50 \pm 0,01 | 0,58 \pm 0,02 |
| | 97 | M1 | 9,7 \pm 0,1 | | 0,66 \pm 0,02 | | |
| | | M2 | 14,1 \pm 0,1 | | 0,35 \pm 0,01 | | |
| | 98 | M1 | 11,3 \pm 0,1 | 10,7 \pm 0,2 | 0,61 \pm 0,01 | 1,01 \pm 0,01 | |
| | | M2 | 11,1 \pm 0,1 | 13,6 \pm 0,4 | 0,22 \pm 0,01 | 0,36 \pm 0,01 | |
| | 152 | M1 | 10,7 \pm 0,1 | | 0,93 \pm 0,05 | | |
| | | M2 | 8,7 \pm 0,1 | | 0,49 \pm 0,01 | | |
| | 153 | M1 | 6,1 \pm 0,1 | | 0,58 \pm 0,01 | | |
| | | M2 | 9,1 \pm 0,1 | | 0,45 \pm 0,01 | | |
| | 154 | M1 | 9,9 \pm 0,1 | 11,6 \pm 0,3 | 0,49 \pm 0,03 | 0,65 \pm 0,01 | |
| | | M2 | 9,3 \pm 0,1 | 10,4 \pm 0,5 | 0,36 \pm 0,01 | 0,49 \pm 0,01 | |

| | | | | | | |
|--|-----|----|------------|------------|-------------|-------------|
| 15 días a 5 °C | 95 | M1 | 12,1 ± 0,1 | 13,2 ± 0,5 | 1,36 ± 0,05 | 1,49 ± 0,04 |
| | | M2 | 12,7 ± 0,1 | 12,0 ± 0,5 | 0,78 ± 0,02 | 0,94 ± 0,01 |
| | 97 | M1 | 11,3 ± 0,1 | | 0,93 ± 0,01 | |
| | | M2 | 14,3 ± 0,1 | | 0,81 ± 0,01 | |
| | 98 | M1 | 10,9 ± 0,1 | 12,1 ± 0,4 | 1,27 ± 0,04 | 1,89 ± 0,02 |
| | | M2 | 12,5 ± 0,1 | 14,4 ± 0,4 | 0,66 ± 0,01 | 0,87 ± 0,04 |
| | 152 | M1 | 10,1 ± 0,1 | | 2,03 ± 0,03 | |
| | | M2 | 11,1 ± 0,1 | | 1,38 ± 0,02 | |
| | 153 | M1 | 9,5 ± 0,1 | | 1,58 ± 0,03 | |
| | | M2 | 10,1 ± 0,1 | | 0,81 ± 0,01 | |
| | 154 | M1 | 10,5 ± 0,1 | 13,3 ± 0,4 | 1,63 ± 0,06 | 1,63 ± 0,02 |
| | | M2 | 11,2 ± 0,0 | 12,0 ± 0,5 | 1,09 ± 0,04 | 0,95 ± 0,03 |
| 15 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 6,9 ± 0,3 | 12,9 ± 0,6 | 0,33 ± 0,03 | 0,72 ± 0,02 |
| | | M2 | 9,7 ± 0,1 | 11,8 ± 0,7 | 0,30 ± 0,01 | 0,51 ± 0,02 |
| | 97 | M1 | 10,5 ± 0,1 | | 0,52 ± 0,01 | |
| | | M2 | 9,7 ± 0,1 | | 0,19 ± 0,01 | |
| | 98 | M1 | 8,5 ± 0,1 | 11,5 ± 0,6 | 0,36 ± 0,02 | 0,60 ± 0,03 |
| | | M2 | 11,3 ± 0,1 | 12,2 ± 0,5 | 0,27 ± 0,00 | 0,38 ± 0,04 |
| | 152 | M1 | 7,5 ± 0,1 | | 0,76 ± 0,00 | |
| | | M2 | 9,9 ± 0,1 | | 0,51 ± 0,03 | |
| | 153 | M1 | 8,4 ± 0,0 | | 0,59 ± 0,00 | |
| | | M2 | 10,7 ± 0,1 | | 0,55 ± 0,03 | |
| | 154 | M1 | 9,9 ± 0,2 | 11,7 ± 0,9 | 0,46 ± 0,02 | 0,57 ± 0,00 |
| | | M2 | 8,8 ± 0,2 | 11,7 ± 0,9 | 0,23 ± 0,01 | 0,52 ± 0,01 |
| 30 días a 5 °C | 95 | M1 | 10,1 ± 0,1 | 13,5 ± 0,4 | 1,14 ± 0,01 | 1,61 ± 0,01 |
| | | M2 | 11,0 ± 0,0 | 13,6 ± 0,5 | 0,76 ± 0,02 | 0,86 ± 0,03 |
| | 97 | M1 | 14,3 ± 0,1 | | 1,08 ± 0,01 | |
| | | M2 | 6,7 ± 0,1 | | 0,93 ± 0,05 | |
| | 98 | M1 | 12,3 ± 0,1 | 12,8 ± 0,4 | 0,99 ± 0,02 | 1,27 ± 0,03 |
| | | M2 | 12,1 ± 0,1 | 14,2 ± 0,5 | 0,47 ± 0,02 | 0,52 ± 0,02 |
| | 152 | M1 | 8,3 ± 0,1 | | 1,33 ± 0,01 | |
| | | M2 | 10,1 ± 0,1 | | 1,03 ± 0,02 | |
| | 153 | M1 | 11,3 ± 0,1 | | 1,32 ± 0,01 | |
| | | M2 | 10,1 ± 0,1 | | 0,86 ± 0,00 | |
| | 154 | M1 | 10,3 ± 0,1 | 11,4 ± 0,5 | 0,97 ± 0,01 | 1,40 ± 0,02 |
| | | M2 | 10,7 ± 0,1 | 11,3 ± 0,3 | 0,61 ± 0,02 | 0,72 ± 0,01 |
| 30 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 9,1 ± 0,1 | 12,7 ± 0,5 | 0,37 ± 0,01 | 0,69 ± 0,01 |
| | | M2 | 9,1 ± 0,1 | 11,9 ± 0,3 | 0,17 ± 0,00 | 0,32 ± 0,02 |
| | 97 | M1 | 12,1 ± 0,1 | | 0,50 ± 0,02 | |
| | | M2 | 14,3 ± 0,1 | | 0,14 ± 0,00 | |
| | 98 | M1 | 10,5 ± 0,1 | 10,8 ± 0,4 | 0,30 ± 0,01 | 0,99 ± 0,10 |
| | | M2 | 9,7 ± 0,3 | 11,9 ± 0,3 | 0,22 ± 0,01 | 0,37 ± 0,01 |
| | 152 | M1 | 8,3 ± 0,1 | | 0,95 ± 0,03 | |
| | | M2 | 6,7 ± 0,1 | | 0,62 ± 0,02 | |
| | 153 | M1 | 8,9 ± 0,2 | | 0,85 ± 0,03 | |

| | | | | | |
|---|----|------------|------------|-------------|-------------|
| | M2 | 9,9 ± 0,1 | | 0,51 ± 0,03 | |
| 154 | M1 | 8,7 ± 0,1 | 11,8 ± 0,6 | 0,44 ± 0,03 | 0,71 ± 0,01 |
| | M2 | 11,1 ± 0,1 | 11,5 ± 0,5 | 0,24 ± 0,13 | 0,47 ± 0,01 |
| Tiempo de conservación | | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| Material genético | | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| Estado de madurez | | <0,3400 | 0,2302 | <0,0001 | <0,0001 |
| | | NS | NS | | |
| Tiempo de conservación x material genético | | <0,0001 | 0,0029 | <0,0001 | <0,0001 |
| Material genético x estado de madurez | | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| Tiempo de conservación x estado de madurez | | <0,5987 | 0,6635 | <0,0001 | <0,0001 |
| | | NS | NS | | |
| Tiempo de conservación x material genético x estado de madurez | | <0,0812 | 0,0616 | <0,0001 | <0,0001 |
| | | NS | NS | | |

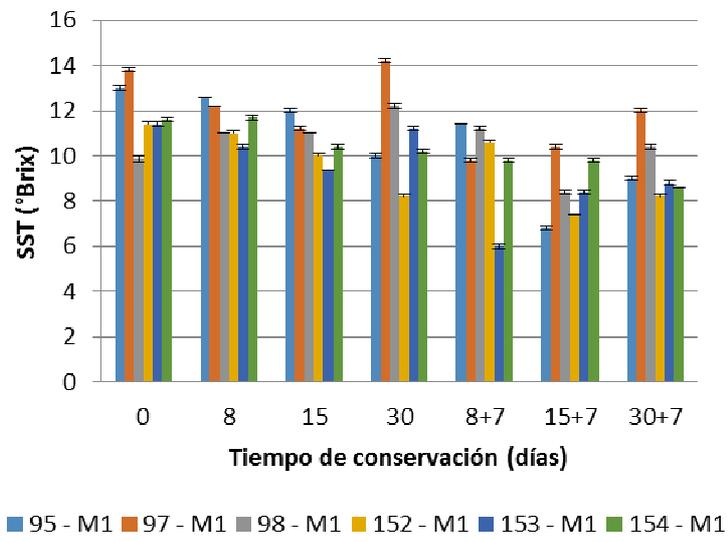
NS, no significativo, $P > 0,05$. Los datos representan medias ($n = 3$) para SST en 2015, ($n = 10$) para SST en 2016, ($n = 3$) para AT en 2015 y 2016 \pm error estándar.

En 2015 la tendencia general fue a que los SST disminuyeran con el transcurso de la conservación a 5 °C (Figuras 13 y 14 A). Al momento de cosecha los frutos presentaron un valor promedio de 12,1 °Brix, mientras que luego de 30 días el promedio descendió a 10,6 °Brix. Sin embargo, en 2016 los SST se mantuvieron constantes durante la conservación (Figuras 13 y 14 B), siendo el valor promedio de 12,3 °Brix en cosecha, y 11,8 °Brix luego de 30 días. Según Rodríguez et al. (2006), los azúcares más abundantes durante el proceso de maduración del guayabo son fructosa, sacarosa y glucosa. Durante la poscosecha no hay consenso en cuanto a la variación de los SST. Algunos autores indican que los SST aumentan hasta el climaterio y luego disminuyen (Rodríguez et al., 2006, Herrera y Quicazán, 2000), que puede ser lo ocurrido en este trabajo en el 2015, mientras que otros reportan que los SST disminuyen durante la poscosecha o permanecen constantes cuando el fruto se almacena a baja temperatura (Velho et al., 2011), tal como ocurrió en este trabajo en el año 2016. Con respecto a esto último, Velho et al. (2011) encontraron que los valores de SST en frutos de guayabo almacenados a 4 °C durante 30 días se mantuvieron en torno a 13 °Brix.

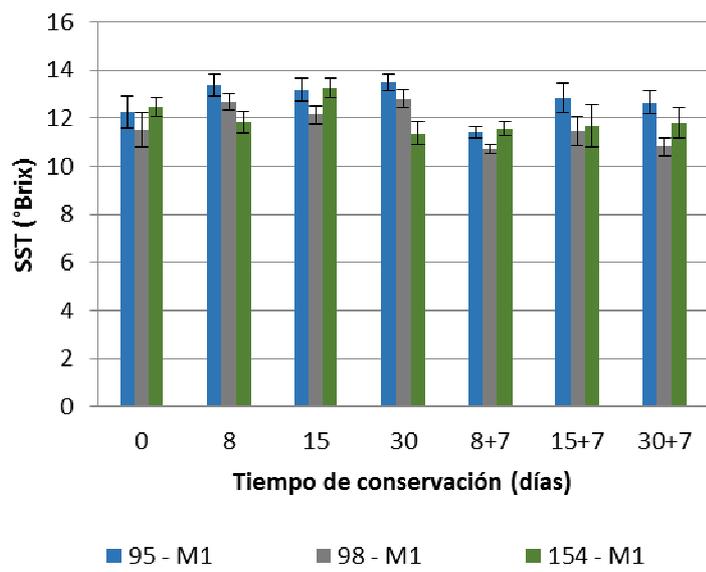
Teniendo en cuenta el efecto de la temperatura sobre las reacciones metabólicas en general, se deduce que los frutos mantenidos en refrigeración,

presentan una menor variación de SST debido a la modificación en el metabolismo que hace más lento el proceso de maduración y, por consiguiente, la degradación de los carbohidratos de reserva para la producción de azúcares simples. Resultados diferentes son reportados por Galvis (2003), quien sostiene que a medida que avanza la maduración en los frutos de guayabo, aumenta la degradación de la sacarosa para formar los azúcares simples, glucosa y fructosa, y reporta un aumento de los SST.

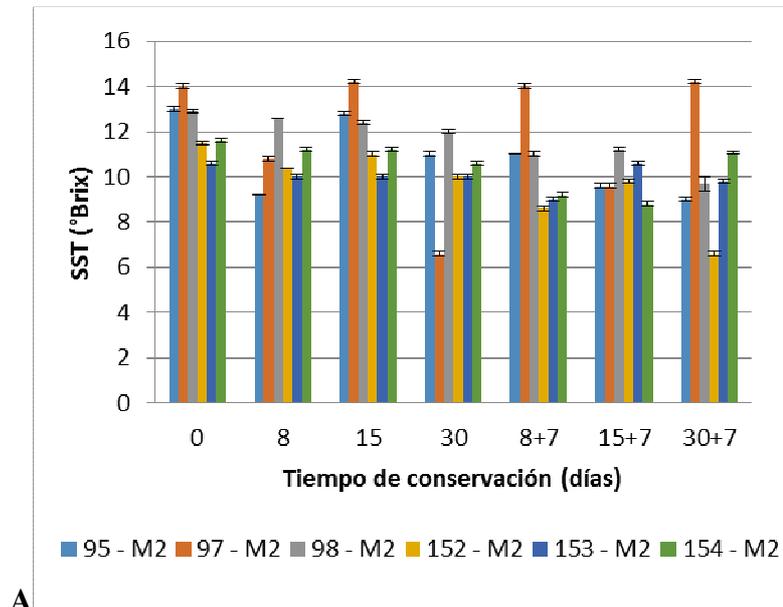
Figura 13. Evolución de SST (°Brix) de frutos de guayabo de los diferentes materiales genéticos en estado M1 conservados a 5°C, temporadas 2015 (A) y 2016 (B). Los valores representan medias ($n = 3$) para 2015 y ($n = 10$) para 2016 \pm error estándar (ver página siguiente).



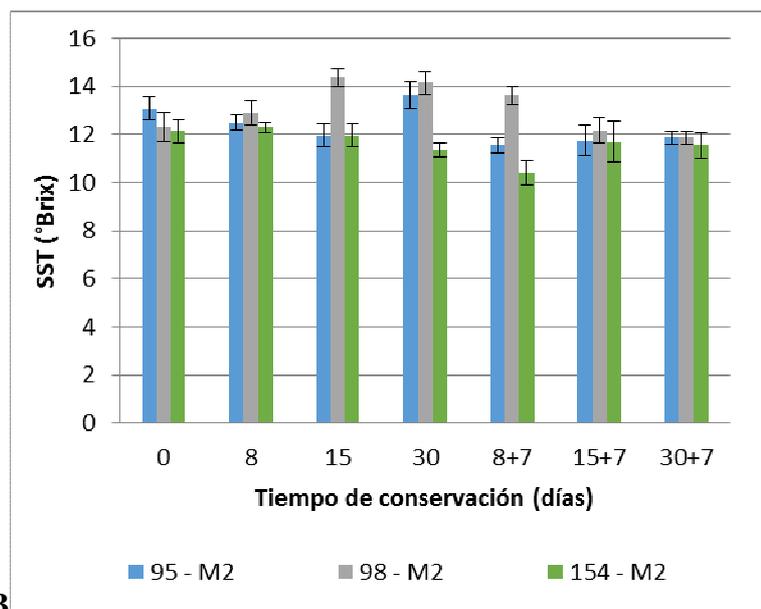
A



B



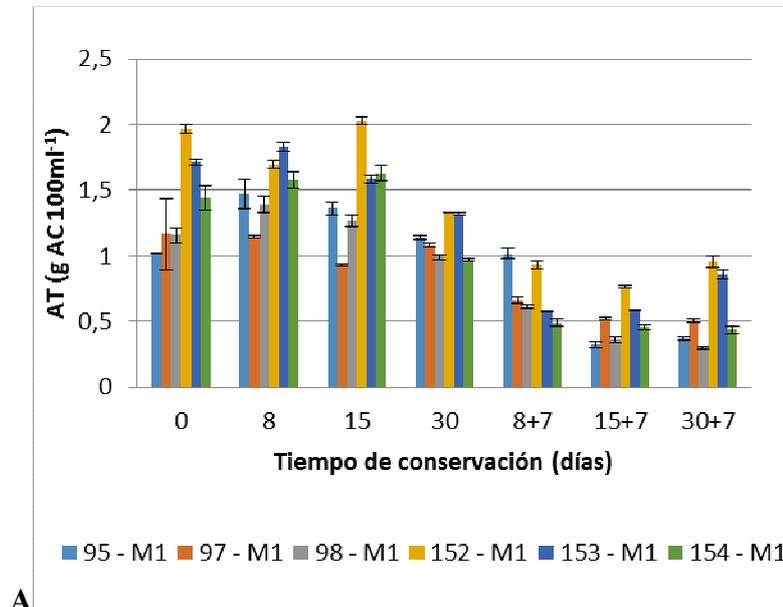
A



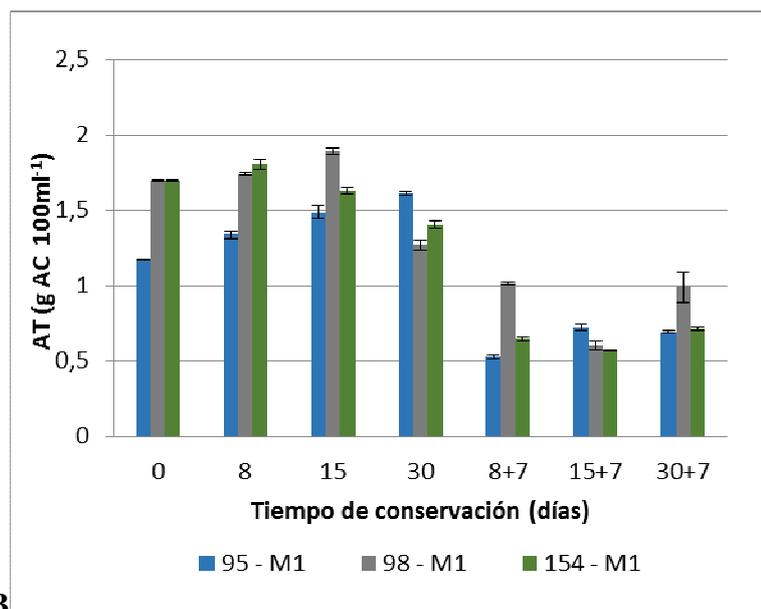
B

Figura 14. Evolución de SST (°Brix) de frutos de guayabo de los diferentes materiales genéticos en estado M2 conservados a 5°C, temporadas 2015 (A) y 2016 (B). Los valores representan medias (n = 3) para 2015 y (n = 10) para 2016 ± error estándar.

Tanto en 2015 como en 2016 hubo una disminución de la AT entre el inicio y el final de la conservación a 5 °C (Figuras 15 y 16). En 2015 los valores estuvieron entre 0,88 y 1,97 g AC 100 mL⁻¹ en cosecha, entre 0,66 y 2,03 g AC 100 mL⁻¹ luego de 15 días, y entre 0,47 y 1,33 g AC 100 mL⁻¹ luego de 30 días. En 2016 los valores estuvieron entre 0,85 y 2,03 g AC 100 mL⁻¹ en cosecha y luego de 15 días, y entre 0,32 y 0,99 g AC 100 mL⁻¹ luego de 30 días. El descenso en los niveles de AT en conservación también había sido encontrado por Velho et al. (2011), Uyabán y Téllez (2009) y Herrera y Quicazán (2000) que reportan que la AT de guayabos disminuye durante el almacenamiento, en el rango de temperaturas de 4 a 23 °C, con valores que oscilan entre 0,3 y 4,3% AC, debido a su consumo durante la respiración. Según Gallego-Corrales et al. (2003) el cociente respiratorio en guayabos almacenados a temperatura ambiente, 12 y 7 °C, fue en todos los casos superior a la unidad, lo que sugiere que durante el proceso de maduración el fruto utiliza ácidos orgánicos como principal sustrato respiratorio.



A



B

Figura 15. Evolución de la AT ($\text{g AC } 100 \text{ mL}^{-1}$) de frutos de guayabo de los diferentes materiales genéticos en estado M1 conservados a $5 \text{ }^\circ\text{C}$, temporadas 2015 (A) y 2016 (B). Los valores representan medias ($n = 3$) \pm error estándar.

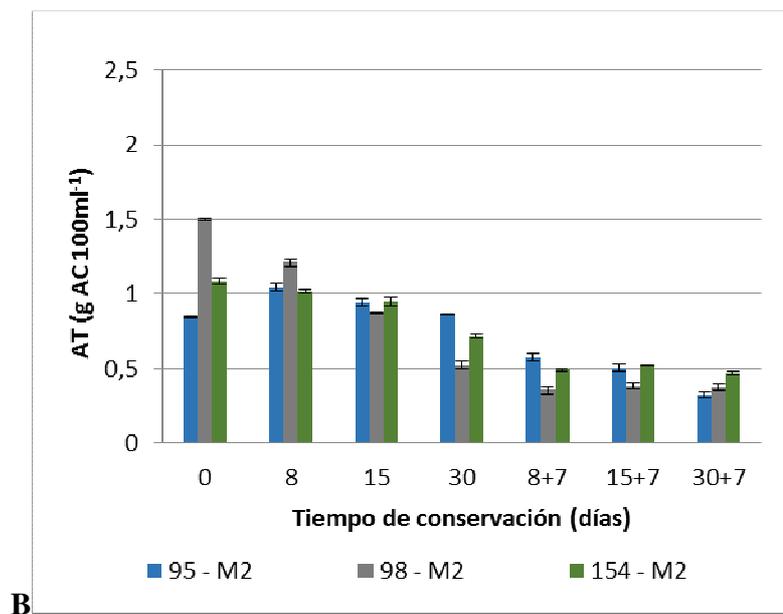
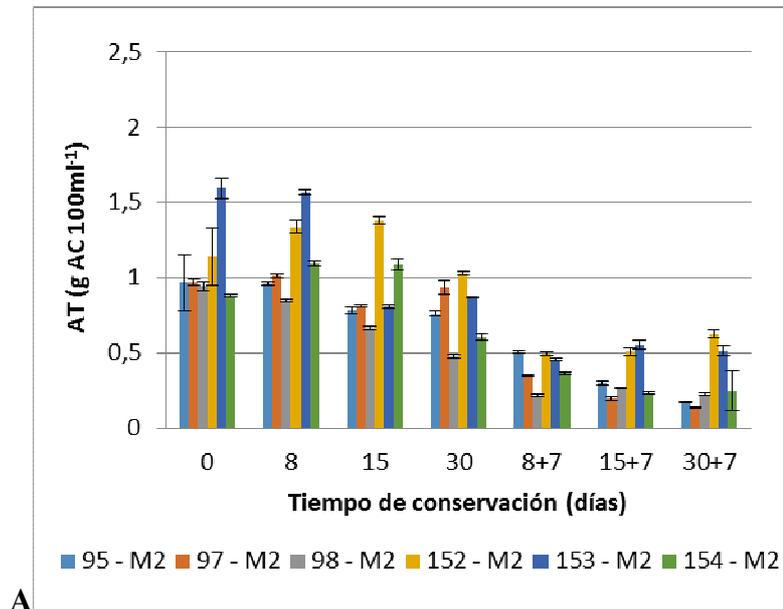


Figura 16. Evolución de la AT ($\text{g AC } 100 \text{ mL}^{-1}$) de frutos de guayabo de los diferentes materiales genéticos en estado M2 conservados a 5°C , temporadas 2015 (A) y 2016 (B). Los valores representan medias ($n = 3$) \pm error estándar.

En vida de estante hubo una disminución en los niveles de SST y AT. En 2015 los valores de SST estuvieron entre 6,1 y 14,1 °Brix y en 2016 entre 10,8 y 13,6 °Brix. En el caso de la AT, los valores estuvieron entre 0,19 y 1,02 g AC 100 mL⁻¹ y en 2016 entre 0,36 y 1,01 g AC 100 mL⁻¹. Esto se puede atribuir a que con el aumento de la temperatura hay un aumento de la intensidad respiratoria, y por lo tanto una disminución de los sustratos respiratorios que son los ácidos y los azúcares. En este sentido, Wills et al. (1998) mencionan que una parte importante de los azúcares se utilizan en el proceso respiratorio. A su vez Kays (1997) encontró que los frutos de guayabo se tornaron menos ácidos con el transcurso del tiempo en vida de estante debido a la utilización de ácidos orgánicos como sustrato respiratorio y como esqueletos de carbono para la síntesis de nuevos compuestos durante la maduración. Por otra parte, Valderrama et al. (2005) indican que los frutos refrigerados a 1,2 °C presentaron una menor disminución de la AT que los almacenados a temperatura ambiente, debido a un descenso de la tasa respiratoria y por lo tanto un menor consumo de los ácidos orgánicos.

Con respecto a las diferencias entre genotipos, según Beverly et al. (1993), la mayoría de las características de calidad poscosecha están controladas genéticamente, y por lo tanto pueden variar con el cultivar, lo que concuerda con Demir y Kalyoncu (2003), que sostienen el contenido de SST puede verse afectado por factores genéticos. Las diferencias entre materiales genéticos también fueron observadas en este trabajo. En 2015 el material 97 tuvo los mayores valores de SST en la mayoría de los momentos de evaluación, con valores entre 6,7 y 14,3 °Brix, y el 153 los menores, con valores entre 6,1 y 11,3 °Brix. Sin embargo, en 2016 no hubo diferencias significativas entre genotipos en la mayoría de los momentos de evaluación. En un estudio realizado por Pasquariello et al. (2015), donde se midió el contenido de SST de 12 variedades de guayabo, el promedio total fue de $12,10 \pm 1,23$ °Brix, siendo la variedad “Mammoth” la que mostró los mayores valores, $13,39 \pm 0,56$ °Brix, y “Smith” los menores, $10,08 \pm 0,65$ °Brix.

Con respecto a la AT, se encontraron diferencias significativas entre genotipos en todos los momentos de evaluación. En general los materiales 152 y 153 tuvieron los mayores valores en 2015, entre 0,49 y 2,03 g AC 100 mL⁻¹ y entre 0,45

y 1,83 g AC 100 mL⁻¹ respectivamente. El material 98 presentó los menores valores, que estuvieron entre 0,22 y 1,39 g AC 100 mL⁻¹. Sin embargo, en 2016 los mayores valores fueron para el material 98 (0,36 y 1,89 g AC 100 mL⁻¹) y los menores para el 95 (0,32 y 1,61 g AC 100 mL⁻¹). Pasquariello et al. (2015) determinó la AT de 12 variedades de guayabo en cosecha, encontrando pequeñas diferencias entre ellos, siendo el menor valor de 0,41 g ácido málico 100 mL⁻¹ de jugo para la variedad “Coolidge”, y los mayores de 0,67 g ácido málico 100 mL⁻¹ de jugo para las variedades “Gemini” y “Triumph” respectivamente.

Tanto en 2015 como en 2016 los frutos cosechados en M1 no tuvieron diferencias de SST con los cosechados en M2, siendo los promedios de 10,5 y 10,9 °Brix respectivamente en 2015, y de 12,2 y 12,3 °Brix en 2016. Acorde con esto, Rupavatharam et al. (2015) también determinaron que no hubo variación inicial en el contenido de SST de guayabos de la variedad “Unique” entre frutos cosechados en ‘touch picking’ (H₀), 4 y 2 semanas antes (H₄ y H₂) de H₀ (valores promedio de 11,6, 10,7 y 11,6 °Brix, respectivamente). Estos autores observaron que si bien no hubo diferencias al momento de cosecha, luego de 2, 4 y 6 semanas de almacenamiento a 4 °C y 5 días en vida de estante, los frutos cosechados en H₄ perdieron SST más rápidamente que los cosechados en H₂ o H₀.

En ambos años los frutos cosechados en M1 tuvieron mayor AT que en M2, tanto al inicio como en los distintos períodos de conservación. En 2015 los valores estuvieron entre 0,3 y 2,03 g AC 100 mL⁻¹ para M1 y entre 0,17 y 1,59 g AC 100 mL⁻¹ para M2, mientras que en 2016 estuvieron entre 0,52 y 1,89 g AC 100 mL⁻¹ para M1 y entre 0,32 y 1,55 g AC 100 mL⁻¹ para M2. Lo mismo había sido reportado por Downs et al. (1988) en frutos de guayabo, quienes afirman que para las variedades “Apollo” y “Gemini” cosechadas con mayor fuerza de retención, los frutos tienen mayor AT al momento de cosecha. Estos autores reportan que las diferencias no se mantienen luego de 4 semanas a 4 °C y 5 días a 20 °C, donde los valores de AT para la variedad “Apollo” disminuyen más en los frutos cosechados con mayor fuerza de retención (44, 52 y 56% para las fuerzas de retención 1 (0-0,5 kg, ‘touch picking’), 2 (1-2 kg) y 3 (3-4 kg) respectivamente).

3.1.6 Color de la epidermis

En las Tablas 8 y 9 se presentan los valores promedio de luminosidad (L^*), tono (h_{ab}) y saturación (C^*_{ab}) del color de la epidermis de frutos de guayabo de distintos materiales genéticos, estados de madurez y momentos de evaluación, en 2015 y 2016 respectivamente. La significancia de la variación solo se limita a los resultados obtenidos en 2016, ya que en 2015 solo se determinaron los promedios por tratamiento.

Tabla 8. L^* , h_{ab} y C^*_{ab} de la epidermis de frutos de guayabo de distintos materiales genéticos, estados de madurez y tiempos de conservación, en 2015.

| Tiempo de conservación (días) | Material genético | Estado de madurez | L^* | h_{ab} | C^*_{ab} |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------|----------|------------|
| Inicial | 95 | M1 | 42,7 | 132,2 | 19,6 |
| | | M2 | 43,3 | 131,9 | 20,3 |
| | 97 | M1 | 44,7 | 133,1 | 21,0 |
| | | M2 | 44,1 | 131,2 | 20,5 |
| | 98 | M1 | 39,9 | 132,1 | 18,2 |
| | | M2 | 43,4 | 131,7 | 20,8 |
| | 152 | M1 | 39,8 | 131,5 | 19,4 |
| | | M2 | 41,7 | 131,3 | 20,0 |
| | 153 | M1 | 41,9 | 131,7 | 21,0 |
| | | M2 | 42,1 | 131,0 | 21,9 |
| 154 | M1 | 39,2 | 132,4 | 17,3 | |
| | M2 | 41,3 | 131,1 | 19,1 | |
| 8 días a 5 °C | 95 | M1 | 43,0 | 131,6 | 19,3 |
| | | M2 | 37,4 | 132,5 | 15,1 |
| | 97 | M1 | 37,9 | 133,4 | 14,8 |
| | | M2 | 37,4 | 133,6 | 14,4 |
| | 98 | M1 | 40,5 | 131,3 | 19,6 |
| | | M2 | 43,4 | 131,1 | 21,3 |
| | 152 | M1 | 39,8 | 132,1 | 18,6 |
| | | M2 | 41,7 | 131,0 | 20,1 |
| | 153 | M1 | 41,1 | 130,8 | 21,4 |
| | | M2 | 40,7 | 130,9 | 21,6 |
| 154 | M1 | 39,3 | 131,4 | 18,2 | |
| | M2 | 40,2 | 131,0 | 18,3 | |

| | | | | | |
|--|-----|----|------|-------|------|
| 8 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 41,4 | 131,8 | 19,0 |
| | | M2 | 45,5 | 130,3 | 22,3 |
| | 97 | M1 | 43,4 | 129,8 | 20,6 |
| | | M2 | 47,4 | 130,6 | 22,0 |
| | 98 | M1 | 36,3 | 131,7 | 15,0 |
| | | M2 | 38,4 | 132,7 | 15,2 |
| | 152 | M1 | 41,0 | 131,3 | 20,0 |
| | | M2 | 36,8 | 132,2 | 15,2 |
| | 153 | M1 | 40,0 | 126,3 | 20,2 |
| | | M2 | 42,9 | 126,6 | 23,1 |
| | 154 | M1 | 40,5 | 130,1 | 19,9 |
| | | M2 | 36,3 | 131,4 | 14,8 |
| 15 días a 5 °C | 95 | M1 | 42,6 | 132,2 | 19,3 |
| | | M2 | 44,4 | 131,6 | 20,8 |
| | 97 | M1 | 35,8 | 133,7 | 14,9 |
| | | M2 | 46,8 | 130,8 | 22,2 |
| | 98 | M1 | 34,9 | 133,8 | 13,5 |
| | | M2 | 36,8 | 133,9 | 14,4 |
| | 152 | M1 | 39,3 | 131,6 | 18,2 |
| | | M2 | 40,8 | 131,4 | 19,1 |
| | 153 | M1 | 34,3 | 132,6 | 14,8 |
| | | M2 | 35,6 | 133,1 | 15,5 |
| | 154 | M1 | 39,7 | 131,9 | 17,7 |
| | | M2 | 39,9 | 130,9 | 18,0 |
| 15 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 37,3 | 132,6 | 15,2 |
| | | M2 | 45,9 | 126,9 | 23,1 |
| | 97 | M1 | 38,9 | 132,1 | 15,6 |
| | | M2 | 47,7 | 126,7 | 23,9 |
| | 98 | M1 | 37,7 | 132,4 | 15,9 |
| | | M2 | 42,9 | 131,3 | 18,0 |
| | 152 | M1 | 37,3 | 131,8 | 15,7 |
| | | M2 | 37,7 | 131,0 | 15,8 |
| | 153 | M1 | 38,4 | 130,0 | 17,0 |
| | | M2 | 38,7 | 132,0 | 17,2 |
| | 154 | M1 | 36,8 | 131,2 | 15,4 |
| | | M2 | 47,7 | 126,2 | 24,7 |
| 30 días a 5 °C | 95 | M1 | 44,3 | 131,3 | 19,8 |
| | | M2 | 44,7 | 131,7 | 20,3 |
| | 97 | M1 | 47,1 | 131,5 | 23,9 |
| | | M2 | 47,5 | 129,2 | 22,7 |
| | 98 | M1 | 40,4 | 129,9 | 19,5 |
| | | M2 | 45,5 | 129,7 | 23,2 |
| | 152 | M1 | 40,9 | 131,9 | 18,1 |
| | | M2 | 40,9 | 132,0 | 18,3 |
| | 153 | M1 | 41,1 | 130,4 | 22,1 |
| | | M2 | 44,0 | 129,2 | 22,1 |
| | 154 | M1 | 40,3 | 130,5 | 18,7 |

| | | | | | |
|--|-----|----|------|-------|------|
| | | M2 | 45,2 | 127,5 | 22,1 |
| 30 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 45,3 | 128,6 | 22,4 |
| | | M2 | 47,0 | 128,9 | 21,6 |
| | 97 | M1 | 47,5 | 127,8 | 23,8 |
| | | M2 | 45,9 | 127,4 | 22,1 |
| | 98 | M1 | 47,7 | 127,1 | 24,3 |
| | | M2 | 48,1 | 127,4 | 23,4 |
| | 152 | M1 | 44,1 | 129,5 | 22,0 |
| | | M2 | 43,3 | 129,4 | 21,0 |
| | 153 | M1 | 45,2 | 127,1 | 24,7 |
| | | M2 | 48,1 | 126,4 | 26,4 |
| | 154 | M1 | 42,6 | 128,1 | 20,9 |
| | | M2 | 44,1 | 124,9 | 20,0 |

Los datos representan medias (n = 10).

Para el parámetro h_{ab} del color (0 ° rojo-violeta; 90 ° amarillo; 180 ° verde; 270 ° azul), los frutos de guayabo estuvieron en el rango de color verde. No hubo diferencias significativas entre los distintos períodos de conservación a 5 °C, pero se encontró una disminución, hacia coloraciones más amarillas, cuando los frutos se retiraron de la conservación refrigerada y se colocaron en condiciones de vida de estante (Figuras 17 y 18, C y D). En 2015 los valores obtenidos estuvieron alrededor de 132 ° en cosecha y entre 128 y 132 ° luego de 30 días. En vida de estante los valores estuvieron entre 125 y 133 ° luego de 8+7, 15+7 y 30+7 días. En 2016 los valores estuvieron entre 128 y 131 ° en cosecha y entre 124 y 128 ° luego de 30 días. Los valores en vida de estante estuvieron entre 122 y 130 ° luego de 8+7 días y entre 117 y 124 ° luego de 30+7 días. Velho et al. (2011) encontraron que frutos de guayabo almacenados a 23 °C durante 15 días presentaron menores valores de tono de color comparado a frutos almacenados a 4 °C durante 4 semanas, con valores próximos a 110 ° y 115 ° respectivamente, explicado por el aumento de la temperatura que promueve la maduración, con la consiguiente degradación de la clorofila (Amarante et al., 2008).

A su vez, en vida de estante hubo un aumento de los parámetros L^* y C^*_{ab} con respecto a los frutos conservados a 5 °C (Figuras 17 y 18, A, B, E y F). En 2015 los valores de L^* , que varían de 0 (negro) a 100 (blanco), estuvieron entre 34,3 y 47,5 durante la conservación refrigerada, y entre 36,3 y 47,7 en vida de estante. Los

valores de C^*_{ab} , que varían entre 0 (gris) y 60 (vivo e intenso), estuvieron entre 13 y 24 durante la conservación refrigerada y entre 15 y 26 en vida de estante. En 2016 los frutos pasaron de un promedio de L^* de 39,4 en conservación refrigerada a 43 en vida de estante, y de 17,6 a 20,6 para el parámetro C^*_{ab} , respectivamente.

La disminución de h_{ab} , y el aumento de L^* y C^*_{ab} se corresponden con un cambio de tono verde oscuro a un tono verde más claro de la piel (Figura 19), que ocurrió cuando los frutos maduraron, cambios que se hicieron más pronunciados en vida de estante. Los cambios en el color observados, podrían explicarse por el efecto inductor del C_2H_4 sobre la clorofilasa, primera enzima responsable de la degradación de la clorofila. En mandarinas ha sido demostrado que el C_2H_4 reprime la biosíntesis de clorofila (Fujii et al., 2007), promueve su degradación (Katz et al., 2004, Trebitsh et al., 1993, Shimokawa et al., 1978), y estimula la síntesis de carotenoides (Fujii et al., 2007, Rodrigo y Zacarías, 2007, Rodrigo et al., 2006). La expresión y actividad de la enzima clorofilasa es inducida por C_2H_4 exógeno, y está correlacionada con la reducción de clorofila en la piel de los frutos cítricos (Hirschfeld y Goldschmidt, 1983, Purvis y Barmore, 1981). En este mismo sentido, Büchert et al. (2011) demostraron que brócolis tratados con C_2H_4 aumentaron sus tasas de degradación de clorofila disminuyendo su contenido con respecto al control. En los frutos de guayabo Wills et al. (1998) y Seymour et al. (1993) afirman que la susceptibilidad al C_2H_4 exógeno es baja, y el efecto de éste es el de adelantar la maduración del fruto, produciendo variación en la tonalidad del color verde entre otros efectos.

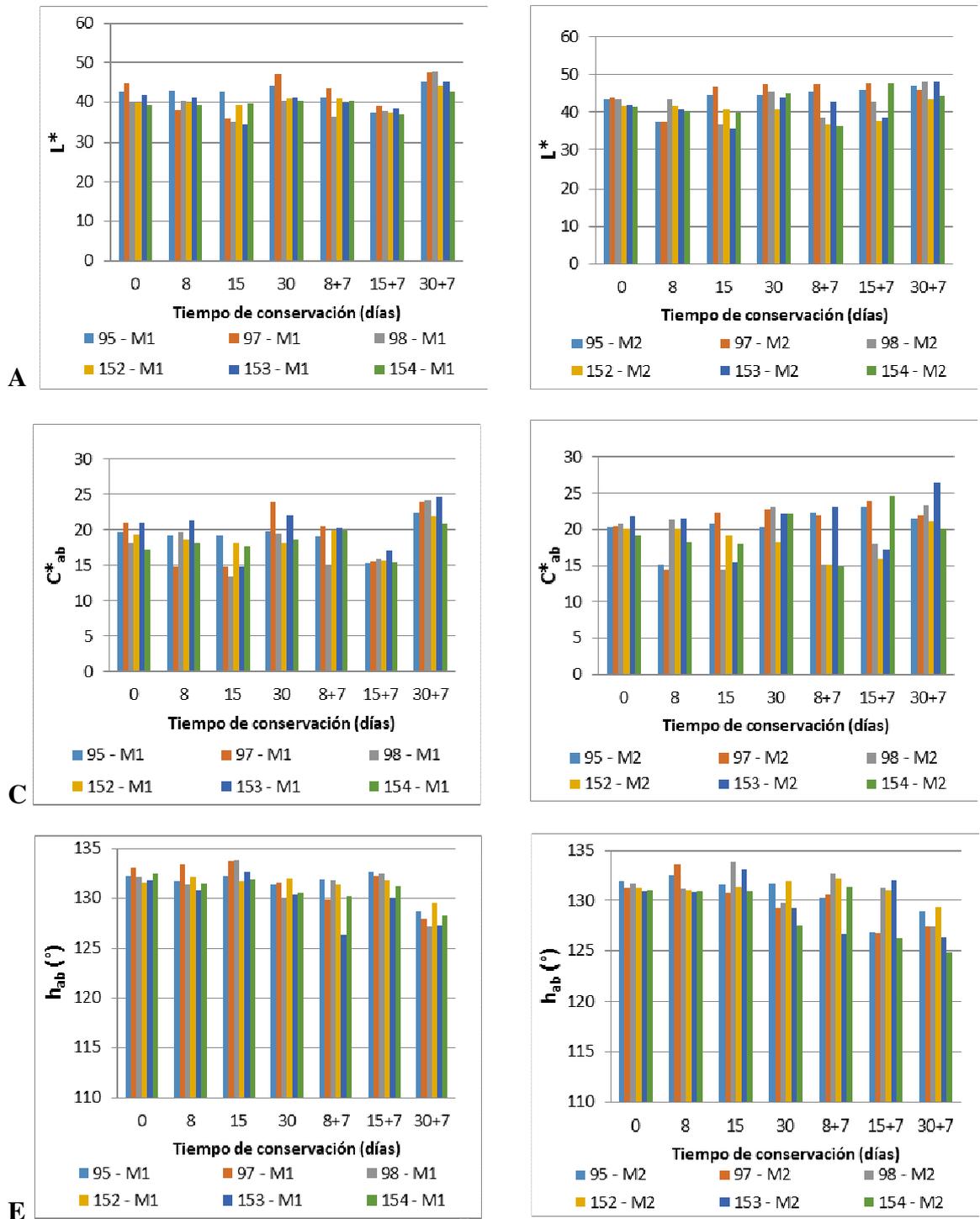


Figura 17. L^* (A y B), h_{ab} (C y D) y C^*_{ab} (E y F) de la epidermis de distintos materiales genéticos de guayabo cosechados en M1 y M2, temporada 2015. Los valores representan medias ($n = 10$).

Tabla 9. L*, h_{ab} y C*_{ab} de la epidermis de frutos de guayabo de distintos materiales genéticos, estados de madurez y tiempos de conservación, en 2016.

| Tiempo de conservación (días) | Material genético | Estado de madurez | L* | h _{ab} | C* _{ab} |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|------------------|
| | | | | | |
| Inicial | 95 | M1 | 41,4 ± 1,0 | 128,0 ± 0,7 | 18,5 ± 0,9 |
| | | M2 | 40,4 ± 0,5 | 129,7 ± 0,4 | 17,0 ± 0,6 |
| | 98 | M1 | 38,0 ± 0,6 | 129,5 ± 1,0 | 14,9 ± 0,9 |
| | | M2 | 42,6 ± 0,8 | 130,5 ± 0,5 | 17,0 ± 0,4 |
| | 154 | M1 | 37,6 ± 0,7 | 130,6 ± 0,6 | 14,2 ± 0,6 |
| | | M2 | 40,5 ± 0,8 | 129,4 ± 0,7 | 16,2 ± 0,6 |
| 8 días a 5 °C | 95 | M1 | 40,1 ± 0,7 | 125,5 ± 0,6 | 19,5 ± 0,6 |
| | | M2 | 38,7 ± 0,7 | 126,2 ± 0,5 | 19,2 ± 0,8 |
| | 98 | M1 | 36,8 ± 1,0 | 127,4 ± 0,8 | 16,6 ± 0,8 |
| | | M2 | 41,9 ± 0,6 | 128,7 ± 0,7 | 17,6 ± 0,2 |
| | 154 | M1 | 37,0 ± 0,9 | 128,6 ± 0,5 | 14,9 ± 0,5 |
| | | M2 | 37,4 ± 1,0 | 127,6 ± 0,6 | 15,9 ± 0,7 |
| 8 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 40,4 ± 0,9 | 125,1 ± 0,8 | 18,8 ± 0,9 |
| | | M2 | 42,1 ± 0,9 | 124,7 ± 0,7 | 18,4 ± 0,8 |
| | 98 | M1 | 37,7 ± 0,6 | 128,5 ± 1,1 | 16,1 ± 0,9 |
| | | M2 | 42,5 ± 0,9 | 125,3 ± 0,9 | 19,6 ± 0,9 |
| | 154 | M1 | 38,2 ± 0,7 | 130,2 ± 1,1 | 14,9 ± 0,8 |
| | | M2 | 42,1 ± 0,8 | 122,0 ± 0,8 | 19,9 ± 0,6 |
| 15 días a 5 °C | 95 | M1 | 39,2 ± 0,6 | 126,3 ± 0,6 | 18,5 ± 0,7 |
| | | M2 | 39,3 ± 0,8 | 127,1 ± 0,6 | 17,5 ± 0,7 |
| | 98 | M1 | 36,1 ± 0,7 | 129,8 ± 0,8 | 15,5 ± 0,6 |
| | | M2 | 40,9 ± 0,6 | 129,3 ± 0,7 | 17,8 ± 0,6 |
| | 154 | M1 | 36,4 ± 0,8 | 129,8 ± 0,7 | 13,2 ± 0,5 |
| | | M2 | 38,9 ± 0,9 | 128,5 ± 0,7 | 16,2 ± 0,5 |
| 15 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 50,4 ± 0,9 | 121,2 ± 0,9 | 30,3 ± 1,4 |
| | | M2 | 51,0 ± 0,6 | 121,1 ± 0,8 | 31,2 ± 0,9 |
| | 98 | M1 | 37,1 ± 0,8 | 124,9 ± 0,7 | 15,4 ± 0,7 |
| | | M2 | 42,3 ± 1,0 | 123,0 ± 0,8 | 19,2 ± 0,8 |
| | 154 | M1 | 38,5 ± 0,6 | 122,8 ± 0,6 | 16,9 ± 0,5 |
| | | M2 | 38,8 ± 0,9 | 120,6 ± 0,7 | 16,8 ± 0,6 |
| 30 días a 5 °C | 95 | M1 | 42,2 ± 0,9 | 127,0 ± 0,7 | 20,0 ± 0,8 |
| | | M2 | 42,8 ± 0,7 | 126,9 ± 0,6 | 20,2 ± 0,6 |
| | 98 | M1 | 37,0 ± 0,4 | 127,6 ± 0,8 | 14,7 ± 0,4 |
| | | M2 | 42,9 ± 1,0 | 124,2 ± 1,0 | 18,7 ± 0,6 |
| | 154 | M1 | 37,7 ± 1,0 | 127,1 ± 0,6 | 16,6 ± 0,6 |
| | | M2 | 39,6 ± 0,7 | 127,5 ± 0,6 | 17,0 ± 0,5 |
| 30 días a 5 °C + 7 | 95 | M1 | 44,4 ± 1,5 | 122,4 ± 0,9 | 22,2 ± 0,9 |

| días a 18 °C | | | | | |
|---------------------|----|------------|-------------|------------|--|
| 98 | M2 | 45,8 ± 1,0 | 124,0 ± 0,8 | 20,9 ± 0,7 | |
| | M1 | 38,0 ± 1,1 | 124,1 ± 1,0 | 17,1 ± 0,7 | |
| 154 | M2 | 44,8 ± 1,0 | 117,1 ± 1,1 | 20,7 ± 0,8 | |
| | M1 | 48,9 ± 0,8 | 121,9 ± 1,1 | 25,1 ± 1,4 | |
| | M2 | 51,1 ± 0,9 | 119,6 ± 0,5 | 27,6 ± 0,5 | |

| | | | |
|---|-----------|----------|-----------|
| <i>Tiempo de conservación</i> | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| <i>Material genético</i> | < 0,0001 | 0,0009 | < 0,0001 |
| <i>Estado de madurez</i> | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| <i>Tiempo de conservación x material genético</i> | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| <i>Material genético x estado de madurez</i> | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| <i>Tiempo de conservación x estado de madurez</i> | 0,2580 NS | < 0,0001 | 0,2270 NS |
| <i>Tiempo de conservación x material genético x estado de madurez</i> | 0,8130 NS | < 0,0001 | 0,0579 NS |

NS, no significativo, $P > 0,05$. Los datos representan medias ($n = 10$) \pm error estándar.

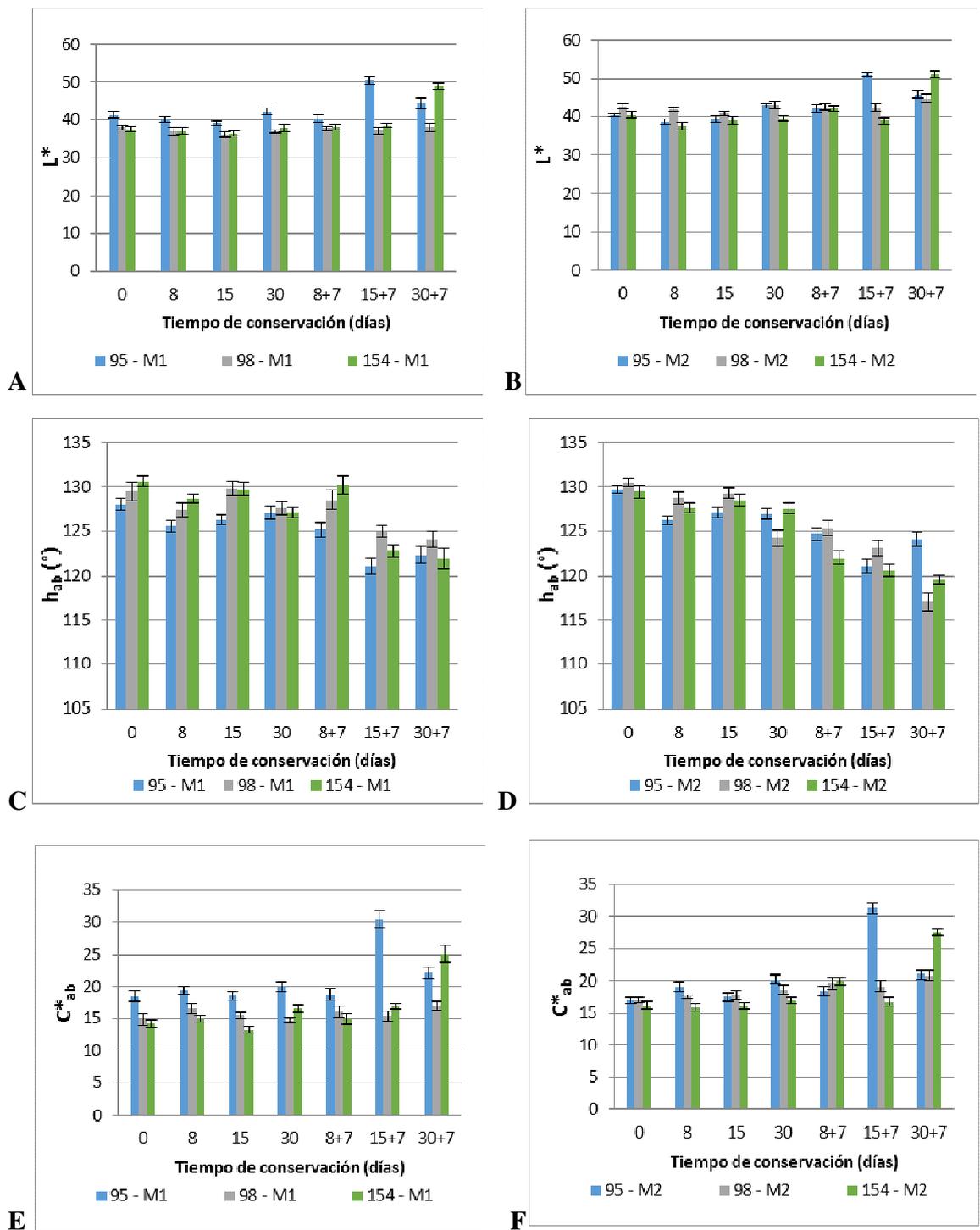


Figura 18. L^* (A y B), h_{ab} (C y D) y C^*_{ab} (E y F) de la epidermis de distintos materiales genéticos de guayabo cosechados en M1 y M2, temporada 2016. Los valores representan medias ($n = 10$) \pm error estándar.

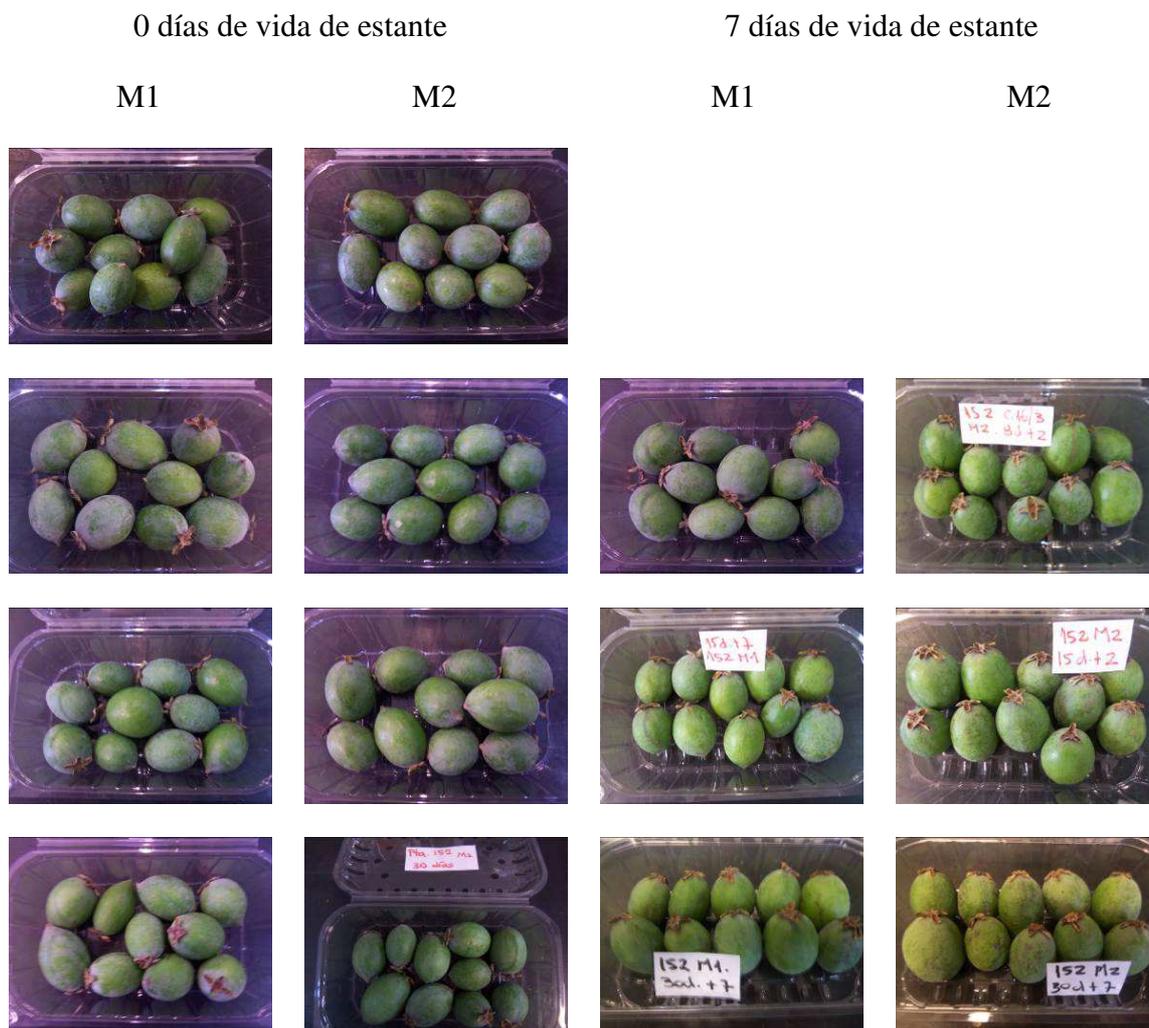


Figura 19. Frutos del material 152 de guayabo durante la conservación a 5 °C y posterior vida de estante, temporada 2015. Primera fila: 0 días, segunda fila: 8 días, tercera fila: 15 días, cuarta fila: 30 días.

Al analizar las diferencias entre genotipos, en 2015 los frutos del material 154 fueron los que presentaron menores valores de h_{ab} , entre 124,9 y 132,4 °, que se corresponde a un tono de verde más claro. El material 95 presentó el mayor valor de L^* , con un promedio de 43,2, y el 153 el mayor valor de C^*_{ab} , con un promedio de 20,6.

Sin embargo, en 2016 el material 95 fue el que presentó menores valores de h_{ab} , y mayores de L^* y C^*_{ab} , lo que se corresponde con un tono de verde más claro

respecto a los otros materiales. Los valores de h_{ab} de los materiales 95, 154 y 98 estuvieron entre 121,1 y 129,7 °; 119,6 y 130,6 °; y 117,1 y 130,5 ° respectivamente. Los valores promedio de L^* fueron de 42,7, 40,2 y 39,9, y los de C^*_{ab} de 20,9; 17,5 y 17,2 para 95, 154 y 98 respectivamente. Pasquariello et al. (2015) también encontraron diferencias en el color de la piel de guayabos de 12 variedades, siendo la variedad Roundjon la que tuvo mayores valores de ángulo h_{ab} ($112,19 \text{ °} \pm 2,82 \text{ °}$) asociado a un color de piel verde más oscuro, y Edenvale Supreme los menores ($102,06 \text{ °} \pm 2,92 \text{ °}$), con un color verde más claro.

En 2016 en general no hubo diferencias significativas de h_{ab} entre los frutos cosechados en M1 y M2, salvo para el material 98 a los 30+7, y el 154 a los 8+7 días, donde M1 presentó valores 5,7 % y 6,3 % superiores a M2 respectivamente. Los valores de L^* y C^*_{ab} de los frutos cosechados en M1 fueron menores a los obtenidos para M2, estando entre 36,1 y 50,4, y entre 13,2 y 30,3 para M1 respectivamente, y entre 37,4 y 51,1, y entre 15,9 y 31,2 para M2 respectivamente. Esto se corresponde a un color de piel verde más oscuro de los frutos cosechados en M1. Acorde con esto, Rupavatharam et al. (2015) encontraron que frutos de guayabo cosechados 4 y 2 semanas antes de caída natural presentaban al momento de cosecha mayor h_{ab} (120,1 y 118,7 ° respectivamente) y menor L^* (39,2 y 40,7 respectivamente) que en caída natural ($h_{ab} = 114,9 \text{ °}$ y $L^* = 44,5$). Estos autores afirman que durante las últimas 4 semanas de crecimiento en el árbol, el color verde de la piel de los frutos se volvió más claro. Sin embargo, estas diferencias no se mantuvieron luego de un almacenamiento de 6 semanas a 4 °C y 90 % HR.

En 2015 los valores de h_{ab} en M1 fueron muy parecidos a los encontrados en M2, que estuvieron entre 126,3 y 133,8 °, y entre 124,9 y 133,9 ° respectivamente. Con respecto a los valores de L^* y C^*_{ab} , al contrario de lo sucedido en 2016, éstos fueron superiores en M1 que en M2. Los valores de L^* encontrados estuvieron entre 35,6 y 48,1 para M1 y entre 34,3 y 47,7 para M2. Los valores de C^*_{ab} estuvieron entre 14,4 y 26,4 para M1, y entre 13,5 y 24,7 para M2.

3.1.7 Polifenoles Totales (PT)

En la Tabla 10 se presentan los valores promedio de contenido de PT en los años 2015 y 2016 obtenidos para los distintos materiales genéticos, estados de madurez y tiempos de conservación. En 2015 se obtuvieron valores entre 15,8 y 164,9 mg EAG . 100 g⁻¹ pf, y en 2016 entre 70 y 281,9 mg EAG . 100 g⁻¹ pf. Estos valores son comparables a los encontrados por Isobe et al. (2004), que reportan un contenido medio de PT en pulpa de guayabo de 59 mg EAG 100 g⁻¹ pf, y a los reportados por Silveira et al. (2016), con valores entre 196,5 ± 8,37 y 359,04 ± 4,12 mg EAG 100 g⁻¹ pf para 14 materiales genéticos de guayabo al momento de cosecha en Uruguay.

Al comparar el contenido de PT del guayabo con el de otros frutos, encontramos que éste tiene un valor medio-alto. De acuerdo a los resultados encontrados por Fu et al. (2011), el contenido de PT de 62 frutos estuvo entre 11,88 ± 0,11 y 585,52 ± 18,59 mg EAG . 100 g⁻¹ pf, donde los mayores valores correspondieron al dátil chino (585,52 ± 18,59 mg EAG . 100 g⁻¹) seguido por la chirimoya (405,41 ± 16,70 mg EAG . 100 g⁻¹), la guayaba del género *Psidium* (194,11 ± 7,01 mg EAG . 100 g⁻¹), la granada (146,94 ± 0,04 mg EAG . 100 g⁻¹), las cerezas (114,56 ± 4,72 mg EAG . 100 g⁻¹), el caqui (112,09 ± 4,60 mg EAG . 100 g⁻¹) y la ciruela (102,43 ± 2,83 mg EAG . 100 g⁻¹).

Los polifenoles tienen una alta capacidad antioxidante y de secuestro de radicales libres al inhibir a las enzimas responsables de la producción de especies reactivas de oxígeno (Kähkönen et al., 2001, Robards et al., 1999), por lo tanto el guayabo es una importante fuente de estos compuestos que permitiría prevenir la ocurrencia de enfermedades vinculadas al estrés oxidativo, tales como el cáncer, Parkinson, Alzheimer, cataratas, aterosclerosis, entre otras. En este sentido, Weston (2010) afirma que el valor nutracéutico comercial del guayabo radica en su alto contenido fenólico que, a su vez, proporciona a la fruta sus excelentes propiedades antioxidantes.

Tabla 10. PT (mg EAG . 100 g⁻¹ pf) de frutos de guayabo de distintos materiales genéticos, estados de madurez y tiempos de conservación, en 2015 y 2016.

| Tiempo de conservación | Material genético | Estado de madurez | PT | | |
|---------------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| | | | (mg EAG . 100 g ⁻¹ pf) | (mg EAG . 100 g ⁻¹ pf) | |
| | | | 2015 | 2016 | |
| Inicial | 95 | M1 | 110,25 ± 3,64 | 174,27 ± 17,93 | |
| | | M2 | 97,26 ± 4,55 | 164,34 ± 12,79 | |
| | 97 | M1 | 117,71 ± 15,70 | | |
| | | M2 | 74,53 ± 11,90 | | |
| | 98 | M1 | 71,09 ± 0,86 | 241,43 ± 9,26 | |
| | | M2 | 41,68 ± 0,99 | 162,35 ± 2,31 | |
| | 152 | M1 | 159,66 ± 11,27 | | |
| | | M2 | 148,88 ± 5,38 | | |
| | 153 | M1 | 107,13 ± 15,20 | | |
| | | M2 | 92,99 ± 14,62 | | |
| | 154 | M1 | 99,72 ± 2,40 | 178,12 ± 7,54 | |
| | | M2 | 109,66 ± 9,65 | 149,02 ± 18,02 | |
| | 8 días a 5 °C | 95 | M1 | 113,28 ± 3,72 | 189,75 ± 6,15 |
| | | | M2 | 73,96 ± 3,41 | 136,35 ± 5,64 |
| 97 | | M1 | 119,95 ± 12,56 | | |
| | | M2 | 82,43 ± 21,63 | | |
| 98 | | M1 | 66,38 ± 5,87 | 166,72 ± 9,12 | |
| | | M2 | 55,26 ± 1,51 | 172,17 ± 9,65 | |
| 152 | | M1 | 153,18 ± 3,41 | | |
| | | M2 | 120,68 ± 2,29 | | |
| 153 | | M1 | 106,37 ± 3,21 | | |
| | | M2 | 117,46 ± 8,42 | | |
| 154 | | M1 | 124,79 ± 6,48 | 252,76 ± 19,52 | |
| | | M2 | 126,43 ± 6,46 | 135,38 ± 15,90 | |
| 8 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | | 95 | M1 | 103,62 ± 16,52 | 122,28 ± 12,83 |
| | | | M2 | 73,74 ± 0,98 | 158,94 ± 11,46 |
| | 97 | M1 | 84,90 ± 9,65 | | |
| | | M2 | 44,95 ± 4,06 | | |
| | 98 | M1 | 78,08 ± 3,50 | 95,05 ± 1,60 | |
| | | M2 | 48,96 ± 8,83 | 88,19 ± 8,73 | |
| | 152 | M1 | 128,31 ± 6,15 | | |
| | | M2 | 132,38 ± 5,68 | | |
| | 153 | M1 | 89,41 ± 11,31 | | |
| | | M2 | 96,08 ± 11,29 | | |
| | 154 | M1 | 160,48 ± 3,03 | 165,63 ± 11,34 | |
| | | M2 | 107,54 ± 5,10 | 105,79 ± 13,38 | |

| | | | | |
|--|-----|----------------|----------------|----------------|
| 15 días a 5 °C | 95 | M1 | 123,14 ± 2,77 | 151,70 ± 5,95 |
| | | M2 | 85,36 ± 5,53 | 181,98 ± 20,42 |
| | 97 | M1 | 81,91 ± 4,07 | |
| | | M2 | 53,59 ± 10,75 | |
| | 98 | M1 | 64,03 ± 3,33 | 202,14 ± 18,43 |
| | | M2 | 62,94 ± 14,28 | 69,87 ± 1,22 |
| | 152 | M1 | 140,34 ± 5,09 | |
| | | M2 | 139,03 ± 1,80 | |
| | 153 | M1 | 128,85 ± 2,88 | |
| | | M2 | 86,57 ± 13,51 | |
| 154 | M1 | 103,20 ± 1,59 | 281,94 ± 13,67 | |
| | M2 | 107,41 ± 2,34 | 223,66 ± 17,94 | |
| 15 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 85,72 ± 3,41 | 169,42 ± 18,89 |
| | | M2 | 45,72 ± 2,10 | 157,28 ± 12,96 |
| | 97 | M1 | 66,32 ± 7,51 | |
| | | M2 | 58,72 ± 11,99 | |
| | 98 | M1 | 67,23 ± 6,55 | 102,01 ± 5,10 |
| | | M2 | 15,84 ± 2,34 | 82,99 ± 0,99 |
| | 152 | M1 | 129,37 ± 14,78 | |
| | | M2 | 149,01 ± 7,78 | |
| | 153 | M1 | 121,62 ± 2,88 | |
| | | M2 | 78,86 ± 0,99 | |
| 154 | M1 | 41,51 ± 15,35 | 165,62 ± 0,66 | |
| | M2 | 111,19 ± 4,22 | 139,26 ± 7,68 | |
| 30 días a 5 °C | 95 | M1 | 111,85 ± 1,94 | 187,04 ± 29,59 |
| | | M2 | 95,96 ± 12,19 | 192,35 ± 22,24 |
| | 97 | M1 | 93,53 ± 27,24 | |
| | | M2 | 69,35 ± 10,58 | |
| | 98 | M1 | 89,69 ± 17,30 | 146,42 ± 7,34 |
| | | M2 | 19,90 ± 2,34 | 110,98 ± 8,28 |
| | 152 | M1 | 142,83 ± 26,96 | |
| | | M2 | 164,85 ± 2,81 | |
| | 153 | M1 | 104,41 ± 23,79 | |
| | | M2 | 66,51 ± 6,71 | |
| 154 | M1 | 128,65 ± 3,91 | 270,18 ± 6,60 | |
| | M2 | 103,43 ± 10,34 | 232,55 ± 3,73 | |
| 30 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 50,12 ± 5,84 | 213,92 ± 17,59 |
| | | M2 | 77,16 ± 3,36 | 200,10 ± 7,71 |
| | 97 | M1 | 39,44 ± 25,49 | |
| | | M2 | 57,74 ± 6,77 | |
| | 98 | M1 | 65,13 ± 3,28 | 143,00 ± 10,49 |
| | | M2 | 33,72 ± 1,76 | 103,95 ± 8,33 |
| | 152 | M1 | 109,27 ± 3,42 | |
| | | M2 | 130,27 ± 3,88 | |
| | 153 | M1 | 92,20 ± 15,56 | |

| | | | | |
|-------|-----|---|---------------|----------------|
| | | M2 | 91,21 ± 3,60 | |
| | 154 | M1 | 51,85 ± 0,22 | 183,48 ± 13,35 |
| | | M2 | 84,70 ± 19,76 | 134,75 ± 15,28 |
| <hr/> | | | | |
| | | <i>Tiempo de conservación</i> | <0,0001 | <0,0001 |
| | | <i>Material genético</i> | <0,0001 | <0,0001 |
| | | <i>Estado de madurez</i> | <0,0001 | <0,0001 |
| | | <i>Tiempo de conservación x material genético</i> | <0,0001 | <0,0001 |
| | | <i>Material genético x estado de madurez</i> | <0,0001 | <0,0001 |
| | | <i>Tiempo de conservación x estado de madurez</i> | <0,0001 | 0,0824 NS |
| | | <i>Tiempo de conservación x material genético x estado de madurez</i> | <0,0001 | 0,0002 |

NS, no significativo, $P > 0,05$. Los datos representan medias ($n = 3$) \pm error estándar.

En 2015 el contenido de PT se mantuvo durante el almacenamiento refrigerado y en vida de estante para la mayoría de los materiales, salvo para el 95 y 97 en estado M1 que descendió (Figuras 20 y 21). El genotipo 95 en estado M1 mantuvo sus valores iniciales durante la conservación refrigerada, entre 110,25 y 123,14 mg EAG . 100 g⁻¹ pf, y disminuyó en vida de estante un promedio de 30%. El material 97 en estado M1 presentó un valor de 119,95 mg EAG . 100 g⁻¹ pf luego de 8 días, disminuyendo un 22% luego de 30 días, y un promedio de 48% en vida de estante. El contenido de PT de los genotipos 98, 152 y 153 en estado M1 y 97 y 152 en estado M2 no presentó diferencias significativas en todos los momentos de evaluación, y los genotipos 95 en estado M2; 98 M2; 153 M2; 154 M1 y M2, en general tampoco presentaron diferencias significativas con el transcurso de la conservación, pero tuvieron algunas disminuciones o aumentos puntuales que no siguieron una tendencia definida. Al contrario de nuestros resultados que muestran en general un mantenimiento en el nivel de PT con la conservación, los resultados de Silveira et al. (2016) muestran una tendencia clara de disminución al estudiar 14 materiales genéticos de guayabo conservados a 5 ± 1 °C, siendo la reducción de un 25 a un 50% luego de 8 días, y de un 48 a 60% luego de 15 días.

En otros frutos, como manzana “Red Delicious” y “Ralls”, Ju et al. (1996) afirman que no hubo cambios en la concentración de fenoles individuales, flavonoides y antocianinas cuando fueron mantenidas en refrigeración por 4-5 meses.

Sin embargo, luego de 7 días a 20 °C los fenoles individuales y flavonoides disminuyeron rápidamente.

En 2016 se observó una disminución o mantenimiento del contenido de PT en conservación y vida de estante para los genotipos 95 y 98, pero sin embargo el material 154 presentó un aumento durante la conservación refrigerada. El material 95 no presentó variación durante todo el período de estudio, salvo en el momento 8+7 para el estado M2, donde hubo una disminución. El 98 en estado M1 disminuyó sus valores luego de 30 días de conservación y en vida de estante, presentando valores de 241,43 mg EAG . 100 g⁻¹ pf en cosecha y de 142,42 al cabo de 30 días a 5 °C y 143 mg EAG . 100 g⁻¹ pf a los 30 días y en vida de estante. Por otro lado, el material 98 en estado M2 mantuvo sus valores durante la conservación y vida de estante salvo a los 15 y 15+7 días donde hubo una disminución. Por último, el material 154 en estado M1 y M2 aumentó sus valores en conservación, pasando de 178,12 a más de 270,18 y de 149,02 a 232,55 mg EAG . 100 g⁻¹ pf respectivamente, y presentando valores inferiores a éstos en vida de estante.

Leja et al. (2003) también encontraron que hubo un aumento en el contenido de PT de manzanas “Jonagold” desde 520 a 600 mg . 100 g⁻¹ luego de 120 días de almacenamiento a 0 °C y a 640 mg . 100 g⁻¹ luego de 120 días a 0 °C y 7 días a 16 °C. Estos autores relacionaron este aumento al incremento del C₂H₄ en el mismo período, ya que este fitoregulador estimula la actividad de la polifenoloxidasas (PAL), una enzima clave en la biosíntesis de compuestos fenólicos.

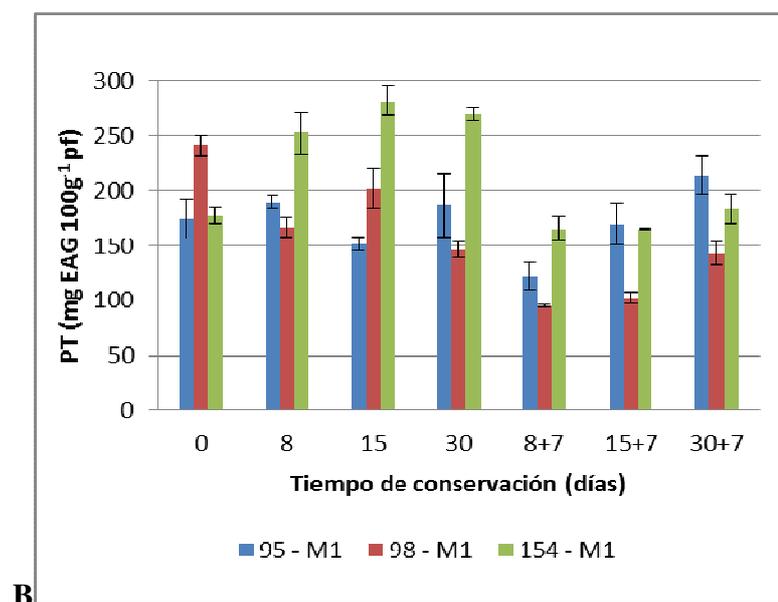
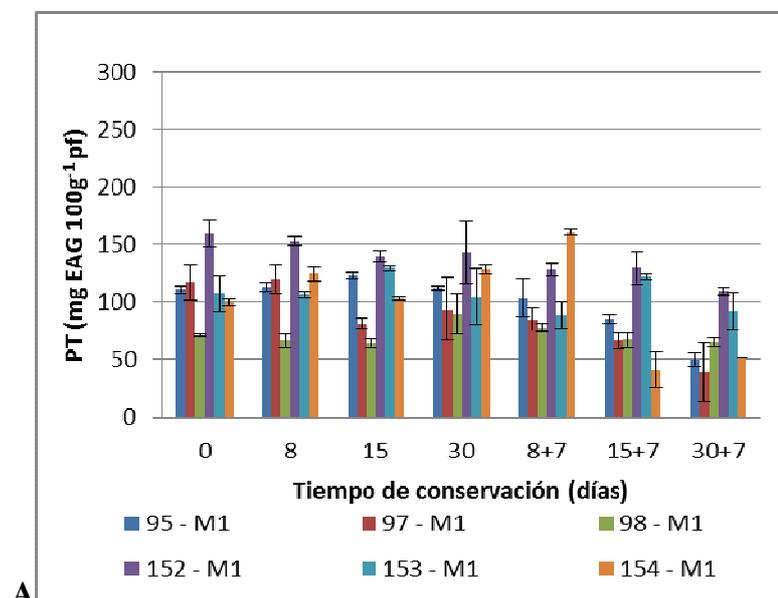
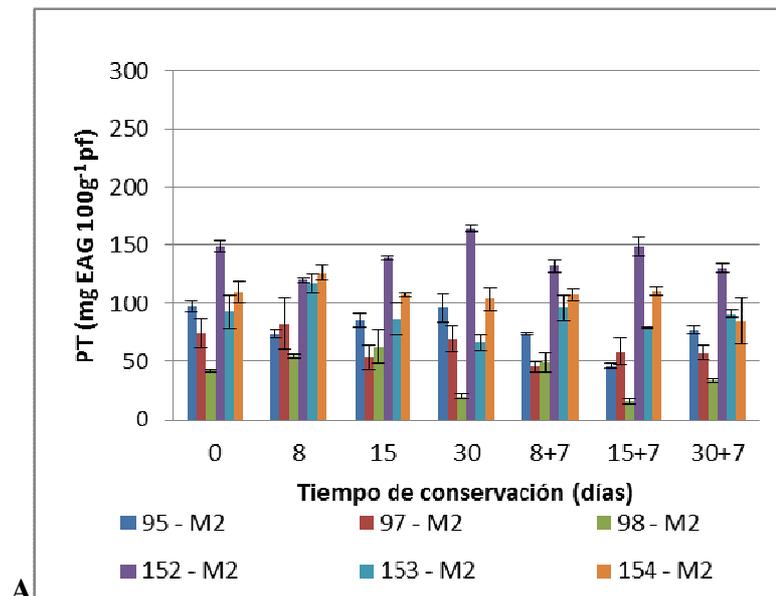
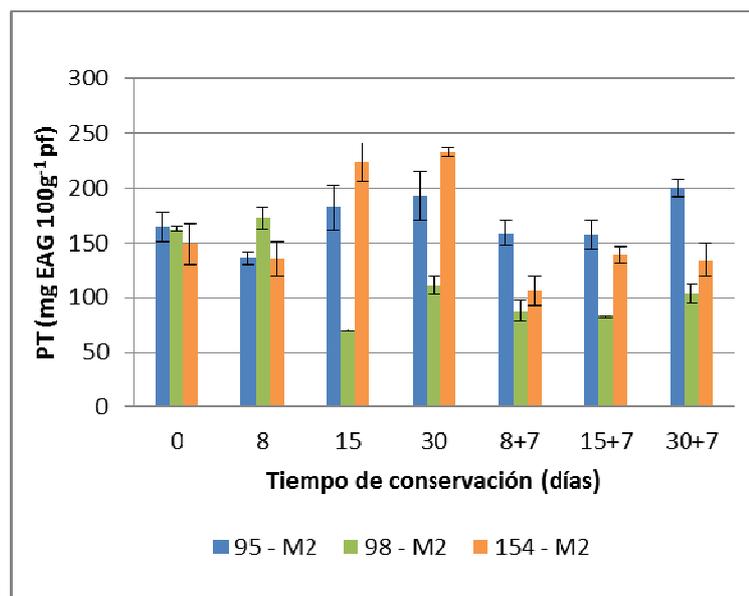


Figura 20. Evolución de PT (mg EAG . 100 g⁻¹ pf) de frutos de guayabo de los diferentes materiales genéticos en estado M1, conservados a 5 °C, temporadas 2015 (A) y 2016 (B). Los valores representan medias (n = 3) ± error estándar.



A



B

Figura 21. Evolución de PT (mg EAG . 100 g⁻¹ pf) de frutos de guayabo de los diferentes materiales genéticos en estado M2, conservados a 5 °C, temporadas 2015 (A) y 2016 (B). Los valores representan medias (n = 3) ± error estándar.

En 2015 el material 152 fue el que presentó mayor contenido de PT, tanto en M1 como en M2, con valores entre 109,3 y 164,9 mg EAG . 100 g⁻¹ pf. El que

presentó menores valores fue el 98 cosechado en M2, entre 15,8 y 62,9 mg EAG . 100 g⁻¹ pf. El resto de los genotipos presentaron valores intermedios, con promedios de 98,6, 104,3, 89,1 y 74,7 mg EAG . 100 g⁻¹ pf para los materiales 153, 154, 95 y 97 respectivamente. En 2016 el material con mayor contenido de PT fue el 154 cosechado en M1, con valores entre 165,6 y 282 mg EAG . 100 g⁻¹ pf, y el menor el 98 cosechado en M2, con valores entre 69,9 y 172 mg EAG . 100 g⁻¹ pf. Feippe et al. (2011) analizaron 11 materiales genéticos de guayabo y reportaron un contenido total de PT entre 129 y 648 mg EAG . 100 g⁻¹ pf, concluyendo que tanto los genotipos como los estados de madurez introducen variabilidad en el contenido de fenoles y otros compuestos nutricionales.

Tanto en 2015 como en 2016 los frutos cosechados en M1 presentaron mayor contenido de PT que los cosechados en M2 (14 y 18% mayor respectivamente) para todos los genotipos salvo el 152 en 2015 y el 95 en 2016 que no presentaron diferencias significativas, y el 154 en 2015 donde sucedió lo contrario. Los valores en 2015 para el material 95 fue de 23% más PT en M1 que en M2, para el 97 un 27%, para el 98 un 40% y 54,8% en 2015 y 2016 respectivamente, para el 153 un 16%, y para el 154 en 2016 un 46,7%. Sin embargo en 2015 el material 154 presentó un 3,1% más de PT en M2 que en M1. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Silveira et al. (2015) donde los guayabos cosechados en el estado 3 (frutos inmaduros), presentaron mayores niveles de PT con valores promedio de 476,49 mg EAG . 100 g⁻¹ pf, mientras que en los estados de madurez 2 y 1 (frutos maduros y sobremaduros) alcanzaron valores promedio de 366,14 y 286,49 mg EAG . 100 g⁻¹ pf respectivamente. También en otros frutos ocurre un comportamiento similar en cuanto a la evolución de los PT. Celli et al. (2011) mencionan que frutos menos maduros de pitanga (*Eugenia uniflora* L.), de color verde, presentaron un mayor contenido de PT en relación con los estados amarillo, naranja y rojo. En el caso de la variedad violeta se observó el mismo comportamiento donde los valores cuantificados en los frutos verdes fueron superiores al de los estados amarillo, rojo y violeta. Con respecto a esta evolución de los PT, la explicación reportada por Renard et al. (2007) es que existe una correlación entre el fin de la biosíntesis de compuestos activos y el comienzo de la elongación celular.

El contenido de PT mostró diferencias entre años para todos los materiales, donde los valores promedio obtenidos en el año 2016 fueron un 45, 65 y 40% mayores a los promedios en el año 2015, para los materiales 95, 98 y 154 respectivamente. Esta diferencia se puede deber a un efecto año, tal como ocurrió en el contenido de PT de 13 clones de papa estudiados dos años consecutivos, donde también se observaron diferencias importantes entre ambos años (Ana Cecilia Silveira, comunicación personal, 21 de setiembre de 2017). En este sentido, podemos suponer que la variabilidad en las condiciones climáticas entre años puede tener un efecto significativo sobre el contenido de PT de los frutos.

3.1.8 Capacidad Antioxidante Total (CAT)

En la Tabla 11 se presentan los valores promedio de CAT para los distintos materiales genéticos, estados de madurez y tiempos de conservación, en los años 2015 y 2016. Los valores no son comparables entre años porque fueron analizados con técnicas distintas (FRAP en 2015 y DPPH en 2016).

Tabla 11. CAT (mg EAA 100 g⁻¹ pf) de frutos de guayabo de distintos materiales genéticos, estados de madurez y tiempos de conservación, en 2015 y 2016.

| Tiempo de conservación | Material genético | Estado de madurez | CAT | CAT | |
|------------------------|----------------------|-------------------|---|---|---------------|
| | | | (mg EAA 100 g ⁻¹ pf) 2015 | (mg EAA 100 g ⁻¹ pf) 2016 | |
| Inicial | 95 | M1 | 853,29 ± 82,53 | 150,76 ± 11,80 | |
| | | M2 | 621,40 ± 4,20 | 139,64 ± 10,55 | |
| | 97 | M1 | 854,50 ± 29,02 | | |
| | | M2 | 639,82 ± 9,69 | | |
| | 98 | M1 | 480,20 ± 32,99 | 169,18 ± 4,52 | |
| | | M2 | 221,70 ± 12,57 | 141,79 ± 1,17 | |
| | 152 | M1 | 1085,68 ± 23,90 | | |
| | | M2 | 1023,88 ± 36,55 | | |
| | 153 | M1 | 816,11 ± 59,01 | | |
| | | M2 | 683,25 ± 6,29 | | |
| | 154 | M1 | 746,69 ± 43,57 | 185,07 ± 6,21 | |
| | | M2 | 777,93 ± 27,82 | 141,86 ± 10,99 | |
| | 8 días a 5 °C | 95 | M1 | 822,61 ± 79,37 | 148,71 ± 7,52 |

| | | | | | |
|--|-----------------------|----|-----------------|----------------|----------------|
| | 97 | M2 | 576,66 ± 81,22 | 163,44 ± 3,79 | |
| | | M1 | 815,17 ± 29,09 | | |
| | 98 | M2 | 604,83 ± 11,49 | | |
| | | M1 | 439,73 ± 38,51 | 124,25 ± 10,02 | |
| | 152 | M2 | 363,05 ± 14,01 | 133,80 ± 3,11 | |
| | | M1 | 1056,99 ± 16,69 | | |
| | 153 | M2 | 790,50 ± 32,72 | | |
| | | M1 | 764,81 ± 10,41 | | |
| | 154 | M2 | 912,62 ± 35,66 | | |
| | | M1 | 732,19 ± 93,59 | 176,05 ± 10,27 | |
| | | M2 | 823,71 ± 18,87 | 178,42 ± 13,65 | |
| | | M1 | 781,80 ± 26,23 | 84,96 ± 9,56 | |
| 8 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M2 | 531,16 ± 22,81 | 117,14 ± 1,72 | |
| | | M1 | 567,39 ± 5,83 | | |
| | 97 | M2 | 359,29 ± 7,98 | | |
| | | M1 | 511,87 ± 58,89 | 124,11 ± 4,02 | |
| | 98 | M2 | 388,96 ± 23,79 | 70,35 ± 10,03 | |
| | | M1 | 917,03 ± 48,39 | | |
| | 152 | M2 | 976,61 ± 76,53 | | |
| | | M1 | 722,68 ± 14,10 | | |
| | 153 | M2 | 716,70 ± 38,52 | | |
| | | M1 | 1019,95 ± 21,56 | 143,03 ± 9,35 | |
| | | | M2 | 742,82 ± 60,27 | 128,02 ± 12,62 |
| | | | M1 | 852,80 ± 54,00 | 149,29 ± 4,42 |
| | 15 días a 5 °C | 95 | M2 | 640,09 ± 51,54 | 166,81 ± 11,76 |
| | | | M1 | 590,60 ± 11,38 | |
| 97 | | M2 | 442,23 ± 13,45 | | |
| | | M1 | 494,38 ± 18,95 | 149,82 ± 11,80 | |
| 98 | | M2 | 395,97 ± 23,85 | 93,66 ± 0,81 | |
| | | M1 | 940,85 ± 21,63 | | |
| 152 | | M2 | 973,61 ± 14,49 | | |
| | | M1 | 958,14 ± 67,73 | | |
| 153 | | M2 | 675,28 ± 13,24 | | |
| | | M1 | 752,46 ± 46,71 | 220,42 ± 25,38 | |
| | | | M2 | 742,29 ± 27,40 | 168,70 ± 12,48 |
| | | | M1 | 610,09 ± 23,69 | 140,70 ± 18,74 |
| 15 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | | 95 | M2 | 425,98 ± 88,36 | 128,89 ± 3,96 |
| | | | M1 | 466,40 ± 21,61 | |
| | 97 | M2 | 550,55 ± 36,70 | | |
| | | M1 | 454,50 ± 25,14 | 113,12 ± 10,35 | |
| | 98 | M2 | 314,62 ± 16,00 | 56,32 ± 2,94 | |
| | | M1 | 973,31 ± 28,18 | | |
| | 152 | M2 | 1053,84 ± 42,59 | | |
| | | M1 | 810,58 ± 26,17 | | |
| | | | M2 | 490,51 ± 22,66 | |
| | | | M1 | | |

| | | | | |
|---|-----|----------------|------------------|----------------|
| | 154 | M1 | 383,48 ± 10,75 | 118,73 ± 6,49 |
| | | M2 | 766,72 ± 3,99 | 95,73 ± 4,29 |
| 30 días a 5 °C | 95 | M1 | 827,93 ± 22,32 | 150,38 ± 17,10 |
| | | M2 | 751,71 ± 8,42 | 146,11 ± 12,46 |
| | 97 | M1 | 714,30 ± 22,51 | |
| | | M2 | 517,87 ± 20,91 | |
| | 98 | M1 | 602,91 ± 25,73 | 143,40 ± 7,82 |
| | | M2 | 158,50 ± 24,15 | 87,42 ± 10,15 |
| | 152 | M1 | 1181,21 ± 102,70 | |
| | | M2 | 1085,90 ± 51,29 | |
| | 153 | M1 | 913,38 ± 39,92 | |
| | | M2 | 492,37 ± 37,61 | |
| 154 | M1 | 886,22 ± 31,66 | 271,03 ± 7,58 | |
| | M2 | 716,67 ± 46,80 | 246,08 ± 4,36 | |
| 30 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 411,64 ± 35,28 | 152,65 ± 10,21 |
| | | M2 | 494,99 ± 44,63 | 110,25 ± 2,98 |
| | 97 | M1 | 361,18 ± 19,44 | |
| | | M2 | 373,30 ± 21,14 | |
| | 98 | M1 | 481,30 ± 7,65 | 123,25 ± 9,14 |
| | | M2 | 200,19 ± 11,94 | 69,43 ± 0,46 |
| | 152 | M1 | 753,57 ± 36,35 | |
| | | M2 | 883,04 ± 56,00 | |
| | 153 | M1 | 680,63 ± 13,24 | |
| | | M2 | 622,00 ± 27,67 | |
| | 154 | M1 | 338,38 ± 16,63 | 138,45 ± 5,72 |
| | | M2 | 378,28 ± 14,08 | 123,88 ± 15,96 |
| Tiempo de conservación | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Material genético | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Estado de madurez | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Tiempo de conservación x material genético | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Material genético x estado de madurez | | | <0,0001 | <0,0001 |
| Tiempo de conservación x estado de madurez | | | <0,0001 | 0,0049 |
| Tiempo de conservación x material genético x estado de madurez | | | <0,0001 | 0,0366 |

Los datos representan medias (n = 3) ± error estándar.

Los polifenoles son uno de los responsables de la CAT, lo que explica que el comportamiento de ambas variables haya sido similar dentro de cada año. En 2015, para la mayoría de los genotipos, los valores de CAT se mantuvieron constantes durante la conservación refrigerada, disminuyendo en vida de estante (Figuras 22 A y 23 A). Tal es el caso del genotipo 95 con valores durante la conservación a 5 °C de

entre 822,6 y 853,3 para el estado M1 y de entre 751,7 y 576,7 para el estado M2, del genotipo 97 con valores de entre 590,6 y 854,5 para M1 y 442,2 y 639,8 para M2, y para los materiales 152 (entre 940,9 y 1181,2), 153 (entre 764,8 y 958,1) y 154 (entre 732,2 y 886,2 mg EAA . 100 g⁻¹ pf) en estado M1.

En vida de estante los valores descendieron entre un 8,6 y un 45,7% del valor inicial. Sin embargo, los materiales 98 en estado M1, 152 y 153 en estado M2, mantuvieron sus valores relativamente constantes durante todo el período de evaluación, presentando una diferencia entre el inicio y vida de estante de entre 0,6 y 11,7%. Por último, el genotipo 154 en estado M2 mantuvo sus valores constantes durante todo el período de evaluación, entre 716,7 y 823,7 mg EAA . 100 g⁻¹ pf, y disminuyó un 51% luego de 30+7 días.

En 2016 se observó un descenso de la CAT en conservación y en vida de estante para el genotipo 98 en estado M2 (Figuras 22 y 23 B), que presentó un valor de 141,8 mg EAA . 100 g⁻¹ pf en cosecha, que descendió un 38% luego de 30 días y un 54 % en vida de estante. Acorde con estos resultados, Silveira et al. (2016) también encontraron una disminución de la CAT de 14 materiales genéticos de guayabo cuando se conservaron a 5 ± 1 °C, donde la reducción fue de 10 a 40% luego de ocho días, y de 30 a 60% luego de 15 días.

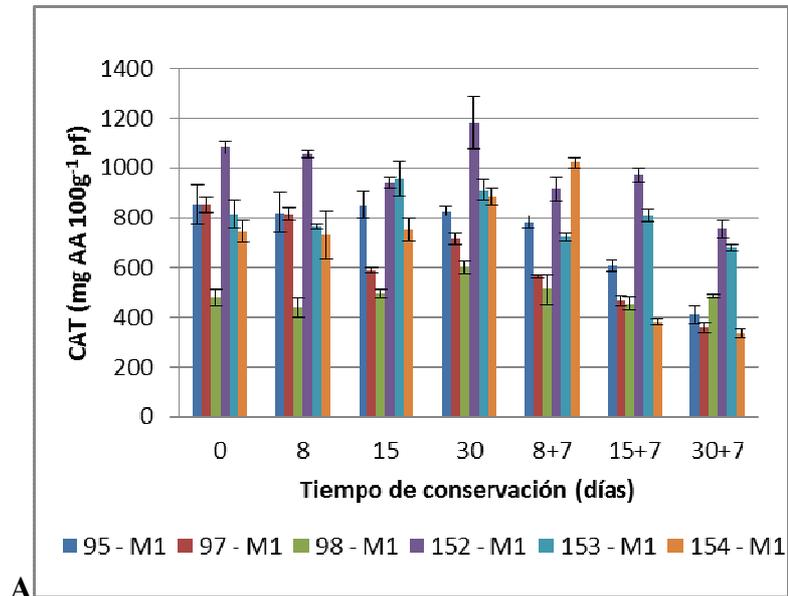
Sin embargo para el material 154 en los estados M1 y M2 hubo un aumento con la conservación, siendo los valores encontrados de 185,1 a 220,4 y de 141,9 a 168,7 mg EAA . 100 g⁻¹ pf respectivamente, desde cosecha hasta 15 días, aumentando un 19% y un 31% luego de 30 días. En vida de estante los valores disminuyeron un 51% y un 53% respectivamente, con respecto a los 30 días. El contenido de PT en este material en 2016 también había mostrado un aumento durante la conservación, lo que estaría explicando este aumento de CAT.

Los materiales 95 M2 y 98 M1 presentaron en general una disminución en vida de estante. El material 95 en estado M2 mostró valores entre 139,6 y 166,8 mg EAA . 100 g⁻¹ pf durante durante la conservación refrigerada, disminuyendo en promedio un 15% en vida de estante. La CAT de frutos de 98 M1 presentó valores entre 143,4 y 169,2 mg EAA . 100 g⁻¹ pf entre cosecha y 30 días, disminuyendo en promedio un 15% en vida de estante. Finalmente el material 95 M1 mantuvo sus

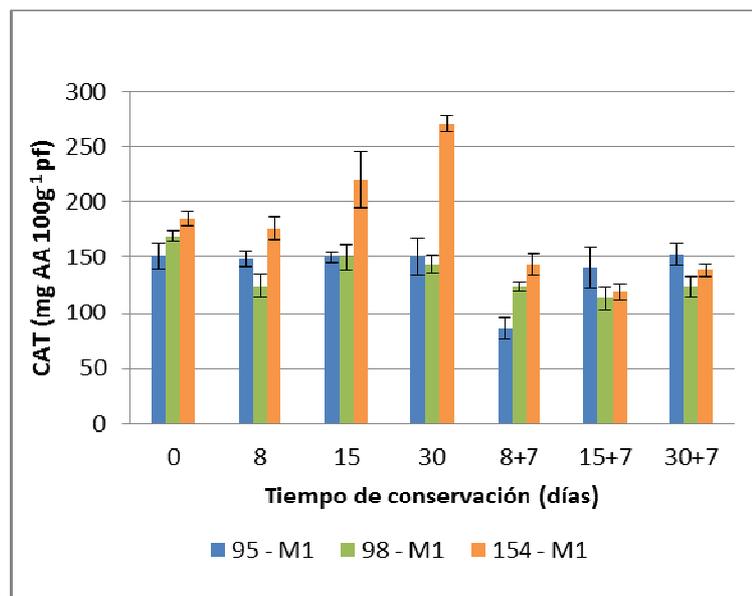
valores durante todo el período, en un rango entre 140,7 y 152,7, salvo luego de 8+7 días que hubo una disminución marcada de 40%.

Con relación a los resultados obtenidos, es importante destacar que se encontraron diferencias entre los diferentes materiales genéticos analizados, con los mayores valores encontrados para los genotipos con mayor contenido de PT, lo que estaría indicando que, en el guayabo, los polifenoles son los principales responsables de la CAT. En este sentido, McGhie et al. (2004) reportaron que las proantocianidinas, un tipo de compuestos fenólicos, fueron las mayormente responsables de la capacidad antioxidante en estos frutos. En 2015, los materiales 152, 153 y 154 fueron los que presentaron los mayores contenidos (Figuras 22 y 23). En el caso del material 152, el promedio general fue de 968,5, para el 153 de 711,2, y para el 154 de 659,4 mg EAA . 100 g⁻¹ pf. En orden decreciente le continuaron los materiales 95, 97 y 98 con valores promedio de 653,1, 547,4 y 448,1 mg EAA . 100 g⁻¹ pf respectivamente.

En 2016 los resultados fueron acordes, ya que el genotipo 154 presentó los mayores valores, con un promedio de 172,5, seguido por el 95, con un promedio de 139,4, y finalmente por el 98, con un promedio de 120,6 mg EAA . 100 g⁻¹ pf. En un estudio realizado por Feippe et al. (2011) en 11 selecciones de guayabo de la Estación Experimental San Antonio, Facultad de Agronomía, Salto, Uruguay, donde determinaron la CAT expresada como % de inhibición del DPPH, concluyeron que los diferentes genotipos, y también los estados de desarrollo de los frutos, introducen una variabilidad importante en su contenido de compuestos bioactivos responsables de la CAT.

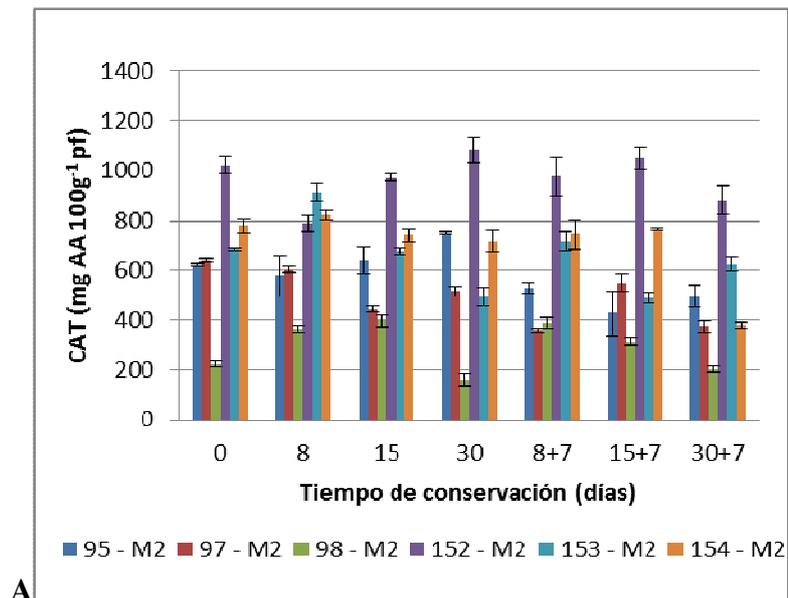


A

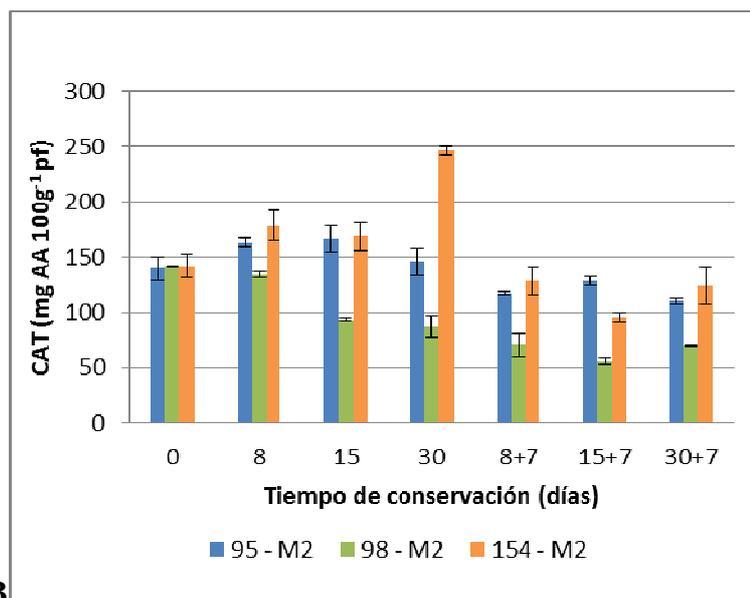


B

Figura 22. Evolución de CAT (mg EAA 100 g⁻¹ pf) de frutos de guayabo de los diferentes materiales genéticos en estado M1, conservados a 5 °C, temporadas 2015 (A) y 2016 (B). Los valores representan medias (n = 3) ± error estándar.



A



B

Figura 23. Evolución de CAT ($\text{mg EAA } 100 \text{ g}^{-1} \text{ pf}$) de frutos de guayabo de los diferentes materiales genéticos en estado M2, conservados a 5°C , temporadas 2015 (A) y 2016 (B). Los valores representan medias ($n = 3$) \pm error estándar.

En relación con el estado de madurez de cosecha, al igual que con el contenido de PT, los frutos en estado M1 tuvieron un 15 y un 8% más CAT que en M2, en 2015 y 2016 respectivamente. Si analizamos cada material individualmente, en 2015 todos presentaron mayores valores en M1 que en M2, salvo los materiales 152 y 154 donde sucedió lo contrario. En 2016 solo el material 98 presentó mayores valores para M1 que para M2, mientras que para el resto no se observaron diferencias.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Silveira et al. (2015) en 10 materiales genéticos de guayabo, donde los mayores valores de CAT correspondieron a los frutos inmaduros seguidos por los frutos maduros y finalmente los sobremaduros. Celli et al. (2011) encontraron resultados similares en frutos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.), donde los menos maduros, de color verde, presentaron mayor CAT, determinada como % inhibición de DPPH, que los frutos más maduros, de colores amarillo, naranja y rojo para la variedad roja, y amarillo, rojo y violeta para la variedad violeta.

3.1.9 Vitamina C

En la Tabla 12 se presentan los valores promedio de vitamina C para los distintos materiales genéticos, estados de madurez y tiempos de conservación para el año 2015. Los valores variaron entre 2,1 a 24,1 mg AA . 100 g⁻¹ pf durante todo el período de conservación, mientras que al momento de cosecha estuvieron entre 4,4 y 12,8 mg AA . 100 g⁻¹ ps. Estos valores iniciales fueron inferiores a los niveles encontrados por Cacioppo (1988) para frutos recién cosechados, entre 24 y 37 mg . 100 g⁻¹ pf según este autor. Al comparar el contenido de vitamina C del guayabo con otros frutos, conocidos por su aporte de esta vitamina, encontramos que la naranja presentó un contenido de 49,80, el limón 51,30, el kiwi 67,23 y el pomelo 64,78 mg . 100 g⁻¹ pf (Vinci et al., 1995). Para la guayaba del género *Psidium*, Holland et al. (1991) reportaron contenidos entre 200 y 300 mg . 100 g⁻¹ pf. En base a los resultados obtenidos en este trabajo, podemos decir que el guayabo presentó contenidos inferiores a los frutos cítricos.

Tabla 12. Vitamina C (mg AA . 100 g⁻¹ pf) de frutos de guayabo de distintos materiales genéticos, estados de madurez y tiempos de conservación, en 2015.

| Tiempo de conservación (días) | Material genético | Estado de madurez | Vit C (mg AA . 100 g⁻¹ pf) |
|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| Inicial | 95 | M1 | 7,25 ± 0,19 |
| | | M2 | 8,67 ± 0,60 |
| | 97 | M1 | 10,94 ± 0,50 |
| | | M2 | 12,76 ± 0,88 |
| | 98 | M1 | 6,75 ± 0,57 |
| | | M2 | 6,34 ± 0,03 |
| | 152 | M1 | 6,45 ± 0,19 |
| | | M2 | 4,36 ± 0,20 |
| | 153 | M1 | 5,66 ± 0,37 |
| | | M2 | 5,43 ± 0,25 |
| 154 | M1 | 11,06 ± 0,50 | |
| | M2 | 9,11 ± 1,66 | |
| 8 días a 5 °C | 95 | M1 | 7,09 ± 0,33 |
| | | M2 | 12,23 ± 0,84 |
| | 97 | M1 | 7,19 ± 0,37 |
| | | M2 | 16,54 ± 1,34 |
| | 98 | M1 | 7,18 ± 0,33 |
| | | M2 | 9,46 ± 0,15 |
| | 152 | M1 | 6,59 ± 0,37 |
| | | M2 | 7,21 ± 1,97 |
| | 153 | M1 | 6,52 ± 0,16 |
| | | M2 | 6,75 ± 0,74 |
| 154 | M1 | 4,35 ± 1,26 | |
| | M2 | 2,07 ± 0,14 | |
| 8 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 5,70 ± 0,15 |
| | | M2 | 19,32 ± 2,19 |
| | 97 | M1 | 5,94 ± 0,06 |
| | | M2 | 3,47 ± 0,21 |
| | 98 | M1 | 20,30 ± 1,78 |
| | | M2 | 18,33 ± 0,20 |
| | 152 | M1 | 7,83 ± 0,63 |
| | | M2 | 4,29 ± 2,16 |
| | 153 | M1 | 9,61 ± 0,47 |
| | | M2 | 5,65 ± 1,98 |
| 154 | M1 | 3,84 ± 0,23 | |
| | M2 | 5,71 ± 0,09 | |
| 15 días a 5 °C | 95 | M1 | 6,23 ± 0,17 |
| | | M2 | 7,31 ± 0,30 |
| | 97 | M1 | 7,52 ± 0,49 |
| | | M2 | 8,82 ± 0,42 |

| | | | |
|--|-----|--------------|--------------|
| 98 | M1 | 24,13 ± 0,93 | |
| | M2 | 8,38 ± 0,53 | |
| 152 | M1 | 4,34 ± 0,66 | |
| | M2 | 3,34 ± 0,18 | |
| 153 | M1 | 6,87 ± 2,09 | |
| | M2 | 4,06 ± 0,06 | |
| 154 | M1 | 4,26 ± 0,15 | |
| | M2 | 2,56 ± 0,06 | |
| 15 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 6,31 ± 0,13 |
| | | M2 | 4,98 ± 0,11 |
| | 97 | M1 | 6,08 ± 0,43 |
| | | M2 | 8,96 ± 0,33 |
| | 98 | M1 | 15,76 ± 0,70 |
| | | M2 | 17,03 ± 1,76 |
| | 152 | M1 | 9,11 ± 1,12 |
| | | M2 | 7,43 ± 0,36 |
| | 153 | M1 | 8,15 ± 1,05 |
| | | M2 | 5,34 ± 0,19 |
| | 154 | M1 | 3,84 ± 0,23 |
| | | M2 | 11,79 ± 0,25 |
| 30 días a 5 °C | 95 | M1 | 9,43 ± 0,24 |
| | | M2 | 3,49 ± 0,35 |
| | 97 | M1 | 11,59 ± 0,69 |
| | | M2 | 11,36 ± 0,23 |
| | 98 | M1 | 15,88 ± 0,84 |
| | | M2 | 8,59 ± 0,40 |
| | 152 | M1 | 5,32 ± 0,85 |
| | | M2 | 2,81 ± 0,09 |
| | 153 | M1 | 5,98 ± 0,50 |
| | | M2 | 11,48 ± 0,95 |
| | 154 | M1 | 7,31 ± 0,23 |
| | | M2 | 10,73 ± 1,56 |
| 30 días a 5 °C + 7 días a 18 °C | 95 | M1 | 2,50 ± 0,31 |
| | | M2 | 3,16 ± 0,23 |
| | 97 | M1 | 5,42 ± 0,24 |
| | | M2 | 3,31 ± 0,08 |
| | 98 | M1 | 9,15 ± 1,49 |
| | | M2 | 4,63 ± 0,05 |
| | 152 | M1 | 3,32 ± 0,30 |
| | | M2 | 5,51 ± 1,26 |
| | 153 | M1 | 8,72 ± 1,00 |
| | | M2 | 2,05 ± 0,11 |
| | 154 | M1 | - |
| | | M2 | 3,19 ± 0,30 |

Estimpo de conservación

<0,0001

Tiempo de conservación x material genético

<0,0001

| | |
|---|---------|
| <i>Material genético x estado de madurez</i> | <0,0001 |
| <i>Tiempo de conservación x estado de madurez</i> | <0,0001 |
| <i>Tiempo de conservación x material genético x estado de madurez</i> | <0,0001 |

Los datos representan medias (n = 3) ± error estándar.

Con relación a la evolución en el tiempo, en algunos casos se observó una disminución luego de 30 días (153 en estado M2), en otros los valores se mantuvieron estables durante todo el periodo de conservación (95 en estado M1, 97 en M1 y M2, 152 y 153 en M1, 98 y 154 en estado M2), y en otros hubo un aumento (98 y 154 en M1, 95 y 152 en estado M2) (Figura 24). En vida de mostrador el comportamiento también fue distinto de acuerdo al material genético y estado de madurez. Los frutos de 95 M1, 97 M1 y M2 disminuyeron su contenido de vitamina C. En el caso de los frutos de los materiales 152 en estado M1, y 95 y 153 en estado M2, mantuvieron sus valores constantes, y finalmente en los materiales 152 M1 y M2, 98 y 154 en estado M2 contrariamente a lo esperado, se observó un aumento.

En diversos frutos, el contenido de vitamina C disminuye con el transcurso de la conservación. Tal es el caso de wiki, frutos del bosque y melón Galia (Silveira et al., 2013, Krüger et al., 2011, Park et al., 2011).

Si bien nuestros resultados son poco claros en cuanto al comportamiento de la vitamina C con el transcurso de la conservación, diversos autores mencionan que la reducción de la temperatura luego de la cosecha es considerada importante para su mantenimiento en los frutos. En este sentido, en frambuesas conservadas a 0 °C casi no se detectaron pérdidas de AA (Haffner et al., 2002, Kalt et al. 1999), mientras que las conservadas a temperatura ambiente redujeron su contenido significativamente (Kalt et al., 1999). Del mismo modo, Mullen et al. (2002) reportaron una pérdida de AA en frambuesa de 5% luego de una conservación de 3 días a 4 °C, y de 7% luego de 3 días a 4 °C seguido por 1 día a 18 °C. Por otro lado, un comportamiento distinto fue reportado por Krüger et al. (2011) en los niveles de vitamina C en frutos del bosque en conservación, ya que sostienen que no hubo reducción en sus niveles cuando éstos fueron almacenados 1 día a 20 °C o 3 días a 2-4 °C seguido por 1 día a 20 °C.

Al comparar los diferentes materiales genéticos, los mayores valores correspondieron al 98, con un valor promedio de 12,7 mg AA . 100 g⁻¹ pf, seguidos por los materiales 97 y 95 que no se diferenciaron entre sí, con valores promedio de 8,6 y 8,1 mg AA . 100 g⁻¹ pf, y por últimos los materiales 153, 154 y 152 que tampoco mostraron diferencias entre sí, con valores promedio de 6,9, 6,1 y 5,6 mg AA . 100 g⁻¹ pf. Al contrario de lo sucedido con el contenido de PT y la CAT de los frutos, los genotipos 95, 97 y 98 presentaron mayor contenido de vitamina C que 152, 153 y 154.

Las diferencias entre genotipos eran esperables ya que existe un fuerte componente genético que condiciona los niveles de compuestos bioactivos entre los que se encuentra la vitamina C (Lee y Kader, 2000). Otros autores también encontraron diferencias en el contenido de AA y vitamina C de diferentes materiales genéticos. Según Pasquariello et al. (2015), el contenido promedio de AA de diferentes materiales genéticos de guayabo fue de 33,61 ± 5,47 mg AA . 100 g⁻¹ pf, con el valor más alto para el cultivar “Apollo” con 39,87 ± 1,10 mg AA . 100 g⁻¹ pf y el menor para el cultivar “Smith” con 25,43 ± 1,19 mg AA . 100 g⁻¹ pf. En otros productos tales como kiwi y guayaba también se han registrado diferencias entre materiales genéticos, con un rango de 76,09 a 282,56 mg . 100 g⁻¹ pf en kiwi (Park et al., 2011), y valores de 641, 1880, 1107 y 2143 mg . 100 g⁻¹ ps para las variedades de guayaba “Pera”, “Regional Roja”, “Regional Blanca” y “Manzana” respectivamente (Rojas-Barquera, 2009).

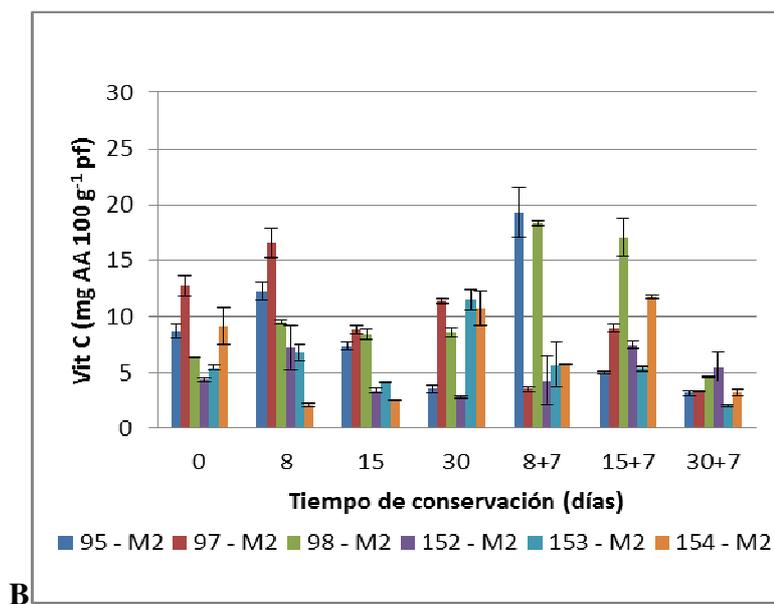
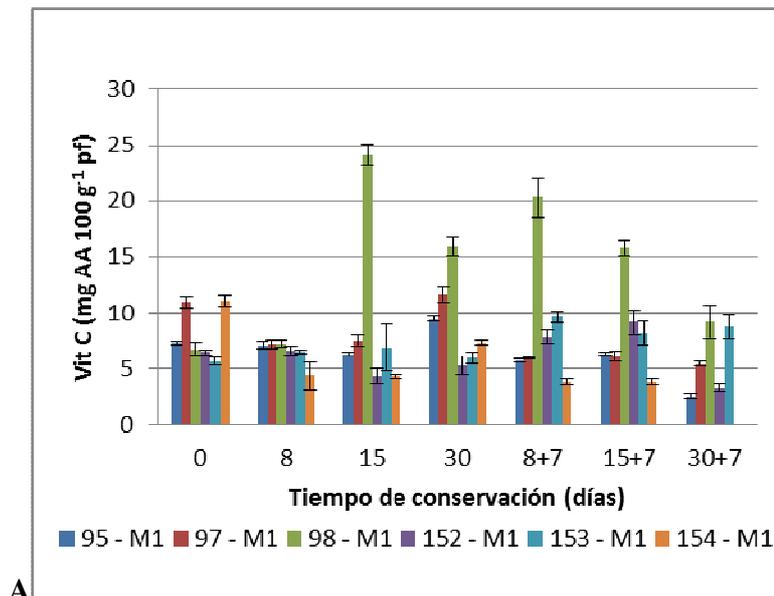


Figura 24. Evolución del contenido de Vitamina C ($\text{mg AA} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ pf}$) de frutos de guayabo de los diferentes materiales genéticos en estado M1 (A) y M2 (B), conservados a $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Los valores representan medias ($n = 3$) \pm error estándar.

Al momento de cosecha, en la mayoría de los materiales genéticos evaluados, los valores encontrados en el estado M1 fueron superiores a los del estado M2 (entre un 4 y un 32% más altos). Esto también ocurrió durante la conservación refrigerada (genotipos 98, 152 y 154), y en vida de estante (genotipos 97, 98 y 153). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Correa et al. (2011) en pulpa de frutos de camu camu (*Myrciaria dubia*), donde también se observaron variaciones en el contenido de vitamina C en relación al estado de madurez. Según los autores, los frutos en estado verde presentaron 1713,31 mg AA . 100 g⁻¹ pf, mientras que los en estado pintón presentaron contenidos de 1177,87 mg AA . 100 g⁻¹ pf.

3.2 ARAZÁ

3.2.1 Firmeza de los frutos

En la Tabla 13 se presentan los datos de firmeza para los frutos de arazá amarillo y rojo, en los 3 estados de madurez de cosecha y durante la conservación a 12 °C y en vida de estante. La firmeza de los frutos del material 24, correspondiente a arazá amarillo, se situó entre 1,61 y 3,28 N para M1, entre 1,22 y 2,20 N para M2, y entre 1,09 y 1,75 N para M3 durante todo el período de evaluación. Para el material 63, correspondiente al arazá rojo, estuvo entre 1,02 y 2,44 N para M1, entre 0,57 y 1,92 N para M2, y entre 0,55 y 1,01 N para M3.

Tabla 13. Firmeza (N) de frutos de arazá amarillo y rojo, en estados de madurez M1, M2 y M3, conservados a 12°C.

| Tiempo de conservación (días) | Estado de madurez | Firmeza Arazá amarillo (24) (N) | Firmeza Arazá rojo (63) (N) |
|---|--------------------------|--|------------------------------------|
| 0 | M1 | 3,28 ± 0,12 | 2,44 ± 0,21 |
| | M2 | 2,20 ± 0,08 | 1,92 ± 0,08 |
| | M3 | 1,75 ± 0,06 | 1,01 ± 0,04 |
| 7 | M1 | 2,12 ± 0,10 | 1,12 ± 0,04 |
| | M2 | 1,42 ± 0,04 | 0,93 ± 0,04 |
| | M3 | 1,29 ± 0,03 | 0,74 ± 0,04 |
| 7+2 | M1 | 1,83 ± 0,05 | 1,02 ± 0,02 |
| | M2 | 1,32 ± 0,03 | 0,84 ± 0,02 |
| | M3 | 1,15 ± 0,04 | 0,66 ± 0,03 |
| 14 | M1 | 1,71 ± 0,09 | 0,93 ± 0,02 |
| | M2 | 1,22 ± 0,04 | 0,73 ± 0,03 |
| | M3 | 1,14 ± 0,03 | 0,56 ± 0,02 |
| 14+2 | M1 | 1,61 ± 0,05 | 0,70 ± 0,02 |
| | M2 | 1,24 ± 0,05 | 0,57 ± 0,04 |
| | M3 | 1,09 ± 0,03 | 0,55 ± 0,03 |
| Tiempo de conservación | | <0,0001 | <0,0001 |
| Estado de madurez | | <0,0001 | <0,0001 |
| Tiempo de conservación x estado de madurez | | <0,0001 | <0,0001 |

Los datos representan medias (n=21) ± error estándar.

La firmeza, como era de esperar, y de acuerdo a lo observado en otros frutos entre ellos el guayabo evaluado en este trabajo, mostró una disminución con el transcurso de la maduración (Figura 25). Tanto en arazá amarillo como rojo los frutos más maduros (M3) mostraron menor firmeza que los menos maduros (M1) al momento de cosecha, mientras que los cosechados en estado M2 presentaron un comportamiento intermedio.

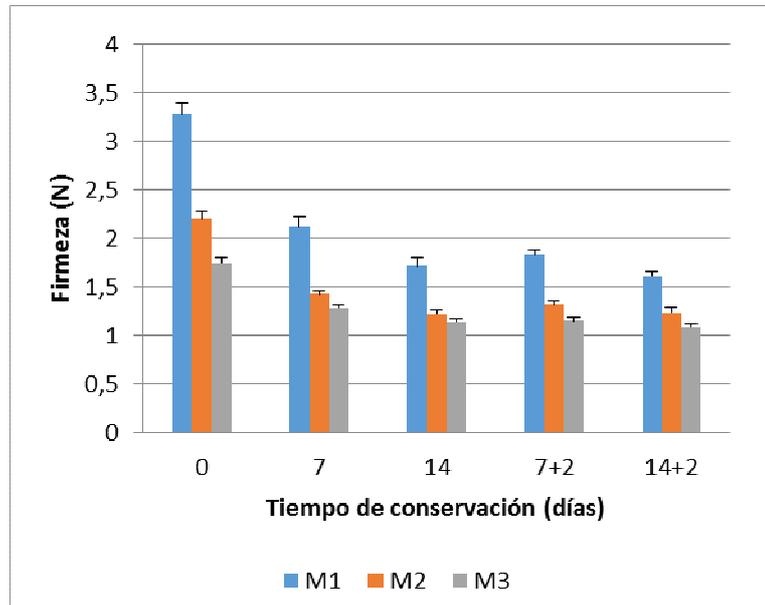
Las diferencias entre la firmeza encontradas en los distintos estados de madurez, concuerda con lo observado por otros autores en otros frutos, tal como fuera mencionado, y se debe a las modificaciones en la estructura de la pared celular que afecta tanto a sus componentes como a los materiales intracelulares, que se producen con el avance de la maduración (Seymour et al., 1993). En este sentido Brown y Wills (1983) indicaron que frutos de guayabo del género *Psidium*

cosechados en 4 estados de madurez, desde verdes y pequeños hasta tamaño normal y color verde pálido, mostraron diferencias en cuanto a su firmeza, donde los frutos más maduros fueron más blandos que los menos maduros durante los 12 días de almacenamiento a 20 °C.

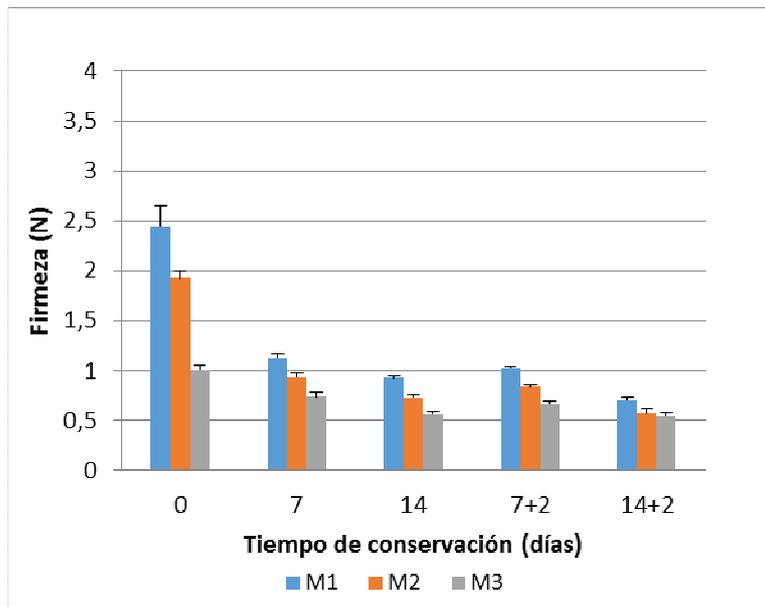
Los frutos de arazá amarillo disminuyeron su firmeza en un 51% para M1, 44% para M2, y 38% para M3, entre cosecha y 14+2 días. Sin embargo, desde los 7 días de almacenamiento en adelante la disminución fue ligera, con una pérdida porcentual de 23% para M1, 13% para M2, y 16% para M3. En los estados M2 y M3 no hubo diferencias significativas de firmeza entre los 7, 7+2, 14 y 14+2 días de almacenamiento. Estos porcentajes de pérdida se consideran bajos comparados al reportado por Hernández et al. (2009) en frutos muy similares también conocidos como arazá pero agrupados en otro género, *Eugenia stipitata* Mc Vaugh. En estos frutos los autores determinaron una pérdida de 83% de firmeza en frutos entre cosecha y 14 días de almacenamiento a 12 °C más 3 días de vida de estante a 20 °C.

Los frutos cosechados en M1 fueron entre un 21 y un 47% más firmes que los frutos cosechados en los estados M2 y M3 en todos los momentos de evaluación. Las mayores diferencias se registraron entre los estados M1 y M3, donde desde los 7 días de almacenamiento en adelante M1 presentó entre 21 y 39% mayor firmeza que M3.

Para arazá rojo, los frutos en los 3 estados de madurez disminuyeron considerablemente su firmeza durante el almacenamiento, siendo la pérdida entre cosecha y 14+2 días de 71% para M1 y M2, y de 46% para M3. Los frutos en estado M1 presentaron entre un 21 y un 40% mayor firmeza que en estado M3, entre los 7 y los 14+2 días de conservación. La disminución de la firmeza durante la maduración también fue observada por Bashir y Abu-Goukh (2003) en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.), con una pérdida de alrededor del 12% desde el estado verde maduro al estado de madurez de consumo.



A



B

Figura 25. Firmeza (N) de frutos del material 24 de arazá amarillo (A) y del material 63 de arazá rojo (B) en estado M1, M2 y M3, conservados a 12 °C. Los valores representan medias ($n = 21$) \pm error estándar.

3.2.2 Tasa de respiración

Durante la conservación a 12 °C la tasa respiratoria de los frutos de arazá amarillo se situó entre 34,46 y 65,38 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹, y entre 22,81 y 68,85 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹ para arazá rojo (Tabla 14). Estos valores fueron inferiores a los encontrados por Brown y Wills (1983) para arazá de las variedades “Yellow Cattley” y “Purple Cattley” almacenados a 20 °C, que estuvieron aproximadamente entre 50 y 80 mL CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹ el primero, y entre 55 y 90 mL CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹ el segundo, mostrando un pico climatérico de respiración, luego de 5-6 días y 4 días luego de la cosecha respectivamente.

La tasa de respiración de los frutos similares al arazá mencionados anteriormente (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh), fue un poco superior al rango de valores encontrados en este trabajo, de alrededor de 95 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹ a 20 °C (Hernández et al., 2009). Estos mismos autores reportaron que los frutos en estado pintón mostraron un pico climatérico 5 días luego de la cosecha, tanto al ser almacenados a 20 °C como a 12 °C.

Tabla 14. Tasa respiratoria (TR) ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de frutos de arazá amarillo y rojo, en estados de madurez M1, M2 y M3, conservados a 12°C.

| Tiempo de conservación (días) | Estado de madurez | TR Arazá amarillo (24) ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) | TR Arazá rojo (63) ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) |
|---|-------------------|---|---|
| 2 | M1 | 47,22 ± 1,91 | 53,78 ± 1,47 |
| | M2 | 34,46 ± 2,48 | 60,45 ± 2,00 |
| | M3 | 35,71 ± 0,72 | 44,88 ± 1,82 |
| 5 | M1 | 44,79 ± 1,05 | 55,35 ± 2,27 |
| | M2 | 39,34 ± 1,49 | 68,85 ± 3,36 |
| | M3 | 42,39 ± 1,04 | 45,96 ± 1,25 |
| 7 | M1 | 37,24 ± 4,44 | 34,51 ± 1,92 |
| | M2 | 39,89 ± 1,68 | 41,05 ± 2,71 |
| | M3 | 43,67 ± 0,77 | 28,79 ± 1,23 |
| 9 | M1 | 39,93 ± 1,57 | 37,40 ± 1,89 |
| | M2 | 38,43 ± 0,57 | 43,82 ± 2,78 |
| | M3 | 39,32 ± 2,60 | 30,59 ± 1,54 |
| 13 | M1 | 48,30 ± 3,39 | 34,95 ± 1,49 |
| | M2 | 42,14 ± 1,22 | 38,56 ± 2,13 |
| | M3 | 41,72 ± 1,83 | 27,01 ± 1,03 |
| 15 | M1 | 65,38 ± 9,03 | 29,25 ± 2,53 |
| | M2 | 55,36 ± 0,65 | 31,53 ± 2,21 |
| | M3 | 59,03 ± 1,98 | 22,81 ± 1,22 |
| <i>Tiempo de conservación</i> | | <0,0001 | <0,0001 |
| <i>Estado de madurez</i> | | 0,4680 NS | <0,0001 |
| <i>Tiempo de conservación x estado de madurez</i> | | 0,1515 NS | 0,1309 NS |

NS, no significativo, $P > 0,05$. Los valores representan medias ($n=3$) ± error estándar.

También Akamine y Goo (1979a) sugirieron el comportamiento climatérico de arazá. Sin embargo, no hay evidencias claras en este trabajo que permitan indicar que el material 24 presenta un comportamiento climatérico, ya que los frutos mantuvieron su tasa de respiración relativamente constante hasta los 9 días de conservación, para luego aumentarla llegando a valores máximos a los 15 días (Figura 26 A). Es posible que ésta sea una característica varietal o vinculadas al año por lo que para tener conclusiones definitivas se deberían realizar más determinaciones.

Las diferencias de comportamiento en frutos del mismo género y especie fueron encontradas por otros autores. En este sentido, Azzolini et al. (2005) reportaron un incremento gradual en la tasa respiratoria de guayabas (*Psidium guajava* L.) de la variedad “Pedro Sato” almacenadas a temperatura ambiente (23 °C) durante 12 días después de la cosecha, sin presentar un comportamiento típico climatérico, si bien otros autores la habían clasificado como tal.

El incremento en las tasas respiratorias durante la maduración de los frutos climatéricos es considerada como una respuesta homeostática de la mitocondria en un intento de reparar el daño celular causado por la producción auto catalítica de C₂H₄ (Romani, 1984), siendo que la caída en la respiración que se da en el post-climaterio se interpreta como la pérdida de la habilidad para mantener la homeostasis, lo que lleva a la célula a la senescencia. En este estudio, los frutos de arazá amarillo del material 24 mantuvieron altas tasas respiratorias, incluso luego de completar la maduración, lo que sugiere que tienen la habilidad de mantener la homeostasis celular por un período de tiempo mayor que en el caso de los frutos del material 63 que se discutirá seguidamente.

El comportamiento observado para el material 63 de arazá rojo fue distinto al de arazá amarillo, ya que el máximo de tasa respiratoria ocurrió a los 4 días de almacenamiento, siendo de 55,35, 68,85 y 45,96 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹ para los estados M1, M2 y M3 respectivamente, presentando un comportamiento más típico climatérico. Luego de este momento hubo un descenso en los valores.

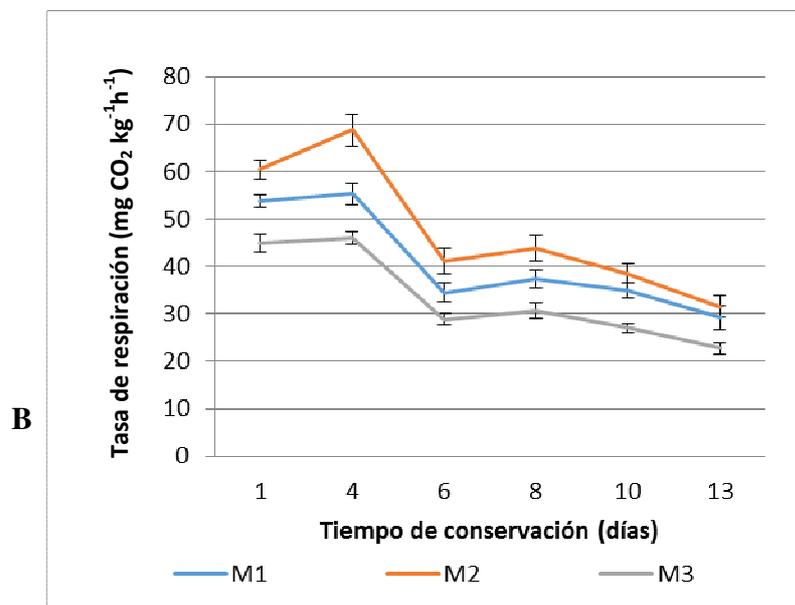
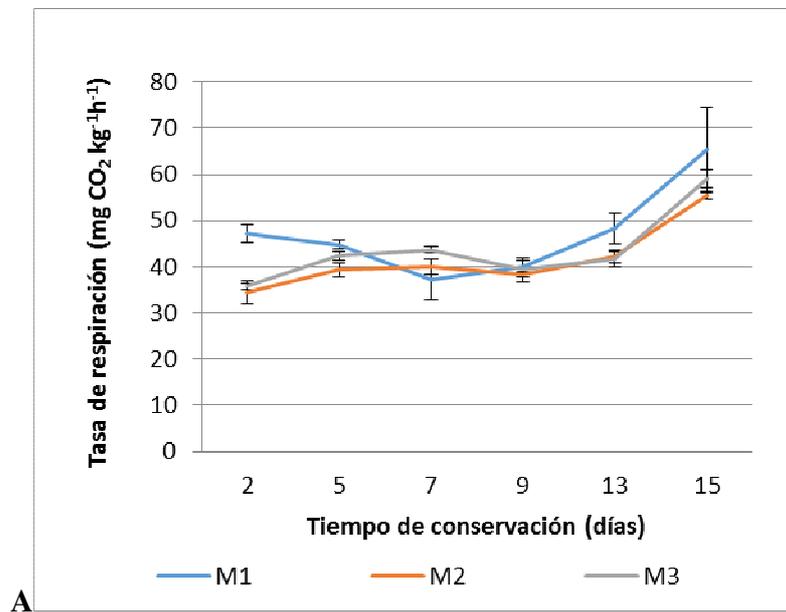


Figura 26. Evolución de la tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) de frutos del material 24 de arazá amarillo (A) y del material 63 de arazá rojo (B) en estado M1, M2 y M3, conservados a 12°C . Los valores representan medias ($n=3$) \pm error estándar.

Con respecto al estado de madurez, también se observaron diferencias importantes en cuanto al comportamiento de los frutos amarillos y rojos, lo que refuerza la idea de que, a pesar de ser de la misma especie, tienen un comportamiento metabólico totalmente diferente. No hubo efecto del estado de madurez sobre la tasa respiratoria en frutos del material 24 de arazá amarillo. Sin embargo, los frutos del material 63 de arazá rojo presentaron mayores tasas en estado M2, seguido por M1, y finalmente por M3, siendo los promedios de 47,38, 40,87 y 33,34 mg CO₂ kg⁻¹ . h⁻¹ respectivamente.

Las variaciones en la actividad respiratoria con el estado de madurez de los frutos también fueron observadas en trabajos previos. Hernández et al. (2009) reportaron que frutos de arazá del género *Eugenia stipitata*, cosechados en estado más avanzado de madurez ('mitad amarillo' que corresponde a 50% del color final) mostraron tasas de respiración más bajas que los cosechados en estado previo (pintón, correspondiente al inicio del envero) al ser conservados a 7 °C. Sin embargo, los resultados encontrados por Brown y Wills (1983) indican que frutos de arazá amarillo y rojo almacenados a 20 °C tuvieron mayor producción de CO₂ al ser cosechados en un estado de madurez más avanzado (frutos de color pálido y tamaño grande, con respecto a frutos de color verde y tamaño medio a grande).

3.2.3 Contenido de Sólidos Solubles Totales (SST)

En la Tabla 15 se presentan los valores de SST del material 24 de arazá amarillo y el 63 de arazá rojo, cosechados en tres estados de madurez y conservados a 12 °C. En el caso de arazá amarillo, los valores encontrados fueron de entre 11,36 y 12,78 °Brix, mientras que para arazá rojo estuvieron entre 8,31 y 11,1 °Brix. Si bien en este trabajo los valores encontrados para los frutos amarillos estuvieron por encima del de los frutos rojos, otros autores observaron un comportamiento inverso. Tanto es así que Teixeira et al. (2016) determinaron el contenido de SST de tres selecciones de arazá amarillo y tres de rojo, y encontraron valores superiores para el rojo, entre 10,04 y 11,91 °Brix, mientras que para arazá amarillo estuvo entre 7,17 y 11,73 °Brix.

Si comparamos los SST de frutos de arazá con el de frutos de otras especies de *Psidium*, encontramos que éste presenta un nivel medio. En un estudio realizado por Sharma et al. (2010) se analizó el contenido de SST de 20 cultivares de *Psidium guajava*, uno de *Psidium cattelianum* y uno de *Psidium friedrichsthalianum*, obteniendo un valor mínimo de 9,4 °Brix para la variedad “Chakaiya Rehmangar”, y un máximo de 13,5 °Brix para “Hybrid Red Supreme”, ambas pertenecientes a la especie *Psidium guajava*. El valor encontrado para frutos de arazá fue de 10,5 °Brix.

Tabla 15. Sólidos solubles totales (SST) (°Brix) de frutos de arazá amarillo y rojo, en estados de madurez M1, M2 y M3, conservados a 12 °C.

| Tiempo de conservación (días) | Estado de madurez | SST Arazá amarillo (24) (°Brix) | SST Arazá rojo (63) (°Brix) |
|---|-------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 0 | M1 | 12,11 ± 0,35 | 9,09 ± 0,15 |
| | M2 | 11,73 ± 0,34 | 9,73 ± 0,18 |
| | M3 | 11,89 ± 0,31 | 9,97 ± 0,14 |
| 7 | M1 | 11,36 ± 0,21 | 10,98 ± 0,14 |
| | M2 | 11,98 ± 0,32 | 11,1 ± 0,16 |
| | M3 | 12,35 ± 0,31 | 8,31 ± 0,22 |
| 7+2 | M1 | 12,68 ± 0,30 | 9,26 ± 0,24 |
| | M2 | 12,78 ± 0,28 | 10,36 ± 0,19 |
| | M3 | 12,49 ± 0,31 | 10,91 ± 0,25 |
| 14 | M1 | 12,31 ± 0,28 | 9,45 ± 0,34 |
| | M2 | 12,18 ± 0,35 | 8,94 ± 0,29 |
| | M3 | 11,64 ± 0,20 | 10,19 ± 0,31 |
| 14+2 | M1 | 12,46 ± 0,29 | 9,14 ± 0,23 |
| | M2 | 12,08 ± 0,29 | 9,85 ± 0,23 |
| | M3 | 12,48 ± 0,21 | 11,07 ± 0,32 |
| <i>Tiempo de conservación</i> | | 0,0055 NS | 0,0004 |
| <i>Estado de madurez</i> | | 0,9837 NS | 0,0012 |
| <i>Tiempo de conservación x estado de madurez</i> | | 0,1867 NS | <0,0001 |

NS, no significativo, P > 0,05. Los valores representan medias (n=21) ± error estándar.

El estado de madurez al momento de cosecha no presentó diferencias de SST en el caso de los frutos de arazá amarillo, así como tampoco el tiempo de conservación. Los valores promedio fueron de 11,91 y 12,04 °Brix en cosecha y a los

14 días respectivamente. Luego de 7+2 días hubo un aumento a 12,65 °Brix (Figura 27 A), pero que no representó una diferencia estadística.

Respecto a arazá rojo, los frutos en estado M2 y M3 no variaron su contenido de SST en conservación, pero presentaron un aumento en vida de estante. Los frutos en M1 no presentaron variación durante todo el período de estudio (Figura 27 B).

Varios autores indican que los SST aumentan con el avance del período poscosecha hasta cierto punto, como resultado de la degradación de los carbohidratos de reserva en sus constituyentes, que serán sustratos de la respiración, por lo tanto también puede observarse una disminución de los SST al final del período. Al respecto, Solarte et al. (2010) encontraron que en las variedades colombianas de *P. guajava* “Regional Blanca”, “Regional Roja”, “Guavata” y “Raquira”, los SST aumentaron (valores entre 8,6 y 12,0 °Brix) durante el proceso de maduración en poscosecha, indicando un incremento de azúcares junto con una disminución de ácidos. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por González (2010) para las variedades de *P. guajava* “Guayaba Blanca”, “Guayaba Roja” y “Palmira ICA-1”. Sin embargo, se espera que los frutos mantenidos en refrigeración presenten una menor degradación de carbohidratos de reserva, como la sacarosa, y producción de azúcares simples debido a la modificación en el metabolismo ocasionado por la baja temperatura, que hace más lento el proceso de maduración. Esto concuerda con nuestros resultados donde no hubo variación de los SST durante la conservación refrigerada, pero sí en vida de estante en el caso de arazá rojo, donde al estar a una temperatura más elevada, los frutos presentan una actividad respiratoria mayor por lo que el consumo de los sustratos respiratorios, azúcares y ácidos, se incrementa.

Respecto al estado de madurez, para arazá amarillo no hubo diferencias significativas de SST. Para arazá rojo, si bien en cosecha no hubo diferencias, a partir de los 14 días, el estado M3 fue el que mostró mayor contenido de SST. Como no se encontró información sobre el efecto del estado de madurez sobre los SST en arazá, se tomó como referencia el estudio de Rupavatharam et al. (2015) en guayabo, que también reportaron que no hubo variación inicial en el contenido de SST de guayabos de la variedad “Unique” entre frutos cosechados en diferentes estados de madurez, pero sí hubo diferencias luego del almacenamiento a 4 °C, donde los frutos

más inmaduros perdieron SST más rápidamente que los más maduros, tal como se presentó anteriormente cuando se discutieron los datos correspondientes a guayabo.

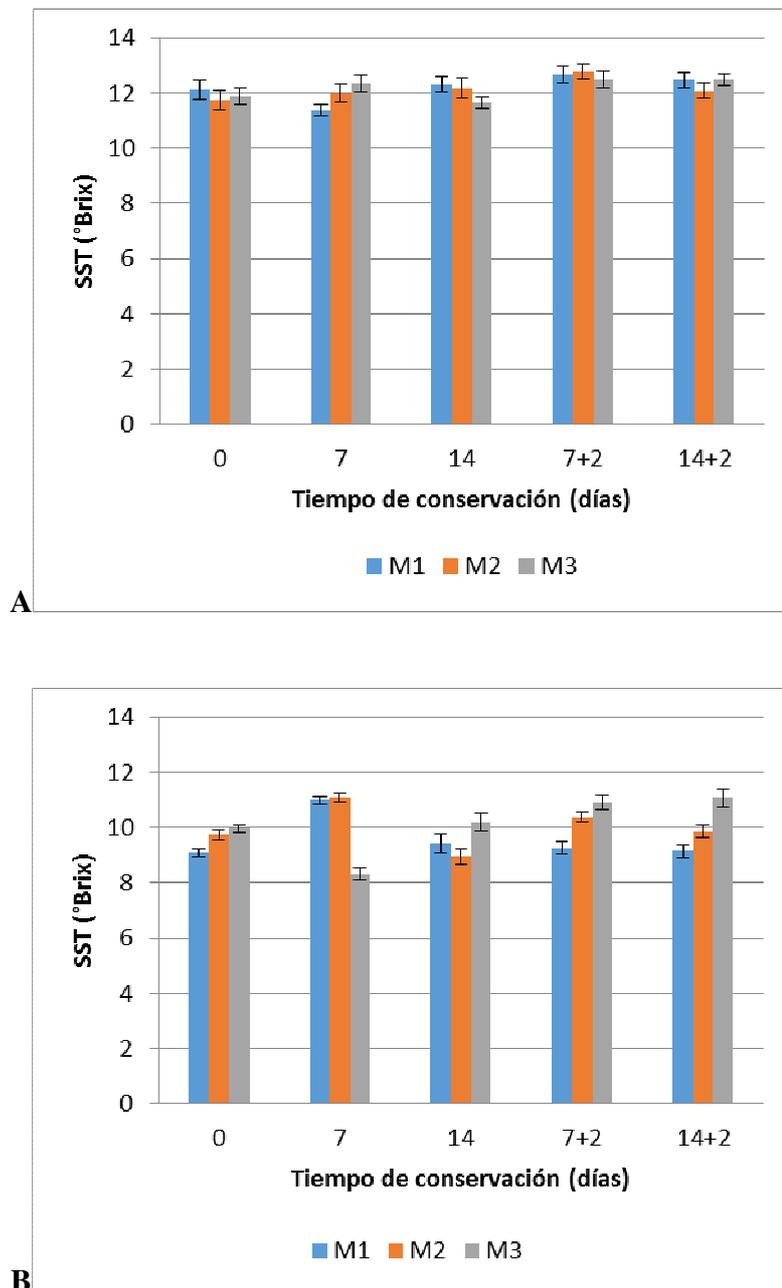


Figura 27. Evolución de los SST (°Brix) de frutos de arazá amarillo (A) y arazá rojo (B) conservados a 12 °C, en tres estados de madurez. Los valores representan medias (n=21) ± error estándar.

3.2.4 Pérdida de Peso (PP)

En la Tabla 16 se presentan los valores promedio de la tasa de PP para los materiales 24 y 63 de arazá amarillo y rojo respectivamente. De acuerdo a los resultados, los valores estuvieron entre 3-14% para arazá amarillo, y entre 4-18% para arazá rojo. Debido a la similitud en la forma y tamaño de los frutos de ambos materiales, la variabilidad observada en la PP podría deberse a diferencias anatómicas y/o composicionales entre el arazá rojo y amarillo, como el espesor de cáscara, tal como se observó en el caso de frutos de banana (Piña et al., 2006). En este sentido, Lara et al. (2014) indican que la variación en la permeabilidad de la cutícula de los frutos al agua, podría explicar las diferencias encontradas entre especies y variedades en su PP durante la poscosecha. Entre los factores que pueden influir en esta variación, se citan el grosor de la cutícula, la presencia de poros y grietas, y la cantidad, distribución y naturaleza química de los componentes de la cutícula. Con respecto a la cantidad y naturaleza química de los componentes de la cutícula, Kissinger et al. (2005) encontraron que la cantidad total de cera cuticular estuvo directamente relacionada con la PP en poscosecha en 10 cultivares de pimiento, mientras que no hubo relación con la cantidad total de cutícula, la cutina total o la cantidad de componentes individuales de la cutina o de la cera.

Tal como se discutió anteriormente, con una PP de 5 a 10% en frutas, hortalizas, raíces y tubérculos recolectados, los mismos manifiestan síntomas visibles de deshidratación y pronto resultan inutilizables. De acuerdo con Oliveira y Cereda (2003), los valores aceptables de PP para guayabas del género *Psidium* recolectadas en estado de madurez fisiológica, varían entre 10 y 15%. En este sentido, en este trabajo se superó el 10% de PP luego de 7+2 días de almacenamiento en arazá rojo, y 14+2 días en ambos materiales. En estos momentos fueron visibles los síntomas de deshidratación, siendo éstos más marcados en arazá rojo (Figura 28).

Tabla 16. Tasa de PP (%) del material 24 de arazá amarillo y del material 63 de arazá rojo, en distintos estados de madurez, conservados a 12°C.

| Tiempo de conservación (días) | Estado de madurez | Tasa de PP Arazá amarillo (24) (%) | Tasa de PP Arazá rojo (63) (%) |
|---|--------------------------|---|---------------------------------------|
| 7 | M1 | 3,65 ± 0,17 | 5,87 ± 0,63 |
| | M2 | 3,56 ± 0,12 | 4,56 ± 0,62 |
| | M3 | 3,57 ± 0,17 | 8,10 ± 0,23 |
| 7+2 | M1 | 9,77 ± 0,30 | 14,47 ± 0,54 |
| | M2 | 9,18 ± 0,05 | 13,14 ± 0,68 |
| | M3 | 8,43 ± 0,17 | 16,62 ± 0,64 |
| 14 | M1 | 7,65 ± 0,38 | 7,84 ± 0,41 |
| | M2 | 6,83 ± 0,12 | 9,31 ± 0,50 |
| | M3 | 5,97 ± 0,12 | 9,01 ± 0,10 |
| 14+2 | M1 | 14,07 ± 0,50 | 14,66 ± 0,27 |
| | M2 | 13,55 ± 0,30 | 17,76 ± 0,94 |
| | M3 | 12,45 ± 0,19 | 16,63 ± 1,25 |
| Tiempo de conservación | | <0,0001 | <0,0001 |
| Estado de madurez | | <0,0001 | 0,0011 |
| Tiempo de conservación x estado de madurez | | 0,0598 NS | 0,0037 |

NS, no significativo, $P > 0,05$. Los valores representan medias ($n=3$) ± error estándar.



Figura 28. Frutos de arazá amarillo luego de 14+2 días (arriba) en los estados M1, M2 y M3 (izquierda a derecha), y de arazá rojo luego de 7+2 (centro) y 14+2 (abajo) días de conservación en los estados M1, M2 y M3 (izquierda a derecha).

Para los tres estados de madurez de arazá amarillo, las pérdidas de peso fueron mayores en vida de estante y con el transcurso de la conservación (Figura 29 A). En los diferentes momentos de análisis los valores promedios registrados fueron de 3,59; 9,13; 6,82 y 13,36 a los 7, 7+2 días, 14 y 14+2 días respectivamente. Esto era de esperar ya que cuando aumenta la temperatura en vida de estante, y a medida que avanza el tiempo de conservación los frutos están más expuestos a la deshidratación, principal proceso responsable de la PP de los frutos, como fue

discutido en capítulos anteriores. Además, la conservación poscosecha puede afectar el contenido total de cutícula en los frutos y su composición, lo que influye sobre la PP, tal como fue reportado por Lara et al. (2014) en cerezas. Estos autores encontraron que Cerezas “Somerset” cosechadas en su punto óptimo de madurez, contenían al momento de cosecha un 23% de ceras y un 41% de cutina en la cutícula. Los frutos con menor PP tuvieron mayor contenido de ceras. Tras la conservación por 28 días a 0 °C, el contenido total de cutícula por unidad de superficie aumentó, pero el porcentaje de ceras y cutina disminuyó, lo que explicaba la mayor PP de los frutos con el transcurso de la conservación. A su vez, Petit-Jiménez et al. (2007) encontraron que luego de 3 días de almacenamiento a 20 °C, la ultraestructura de la cutícula de frutos de mango se observaba como una placa con deposición de gránulos irregulares cristalinos, posiblemente originados por la degeneración de la cutícula. Estos gránulos se incrementaron en número y tamaño a través del tiempo, lo que hacía perder su eficiencia en regular la pérdida de agua.

Por otro lado, Suárez et al. (2009) reportaron que en guayabas (*Psidium guajava* L.) tipo “Criolla Roja” almacenadas durante 20 días a tres temperaturas (12, 17 y 27 °C), la PP se incrementó a medida que aumentó la temperatura, tal como sucedió en nuestro caso, siendo además inversamente proporcional al estado de madurez del fruto.

Los resultados obtenidos en este trabajo en arazá amarillo muestran que M1 presentó mayor PP que M2, y M2 mayor pérdida que M3, para todos los momentos de evaluación, siendo los promedios generales de 8,78, 8,28 y 7,61% para M1, M2 y M3 respectivamente. Esto se puede explicar porque durante el crecimiento de los frutos, el contenido de ceras epicuticulares se incrementa, tal como fue reportado por Petit-Jiménez et al. (2007) en frutos de mango. Algo similar se observó en manzana donde las ceras epicuticulares se incrementaron desde el crecimiento hasta la madurez (Curry, 2005, Kolattukudy, 2003). Por lo tanto podemos pensar que en estados inmaduros los frutos tienen menor contenido de ceras y por lo tanto menor protección contra la deshidratación.

Al igual que en arazá amarillo, para los tres estados de madurez de arazá rojo, el orden decreciente de pérdidas de peso fue 14+2, 7+2, 14 y 7 días (Figura 29 B), con valores promedio de 16,35, 14,74, 8,72 y 6,18% respectivamente.

Las diferencias entre estados de madurez fueron significativas solo a los 7 y 7+2 días, en los cuales M3 presentó mayor PP que M2 (8,10 y 4,56% a los 7 días, y 16,62 y 13,14% a los 7+2 días, respectivamente). En este sentido, en trabajos previos también se observó una mayor PP en los frutos más maduros de mango en relación a los menos maduros. Esto se explica por el hecho de que la cera cuticular consiste en crestas de cera que incluyen una disposición compacta con pocas escamas en frutos maduros de mango, mientras que en los frutos sobremaduros se observó una capa lisa de cera sin escamas, y pequeños agujeros debido a grietas entre las crestas de cera y las lenticelas, desarrolladas a medida que el fruto crece hasta madurar y sobremadurar (Tafolla-Arellano et al., 2017). Previamente se habían reportado resultados similares para el mango maduro, incluyendo la pérdida de agua y la integridad celular (Han et al., 2006).

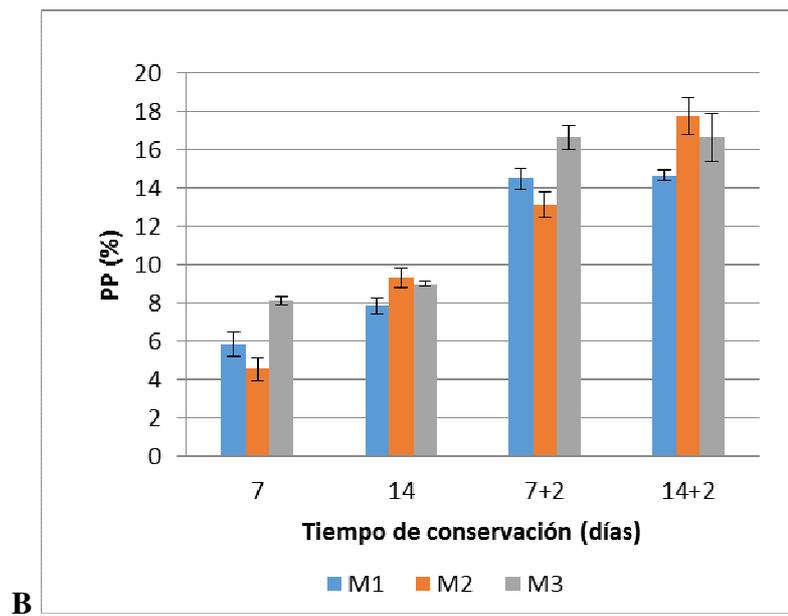
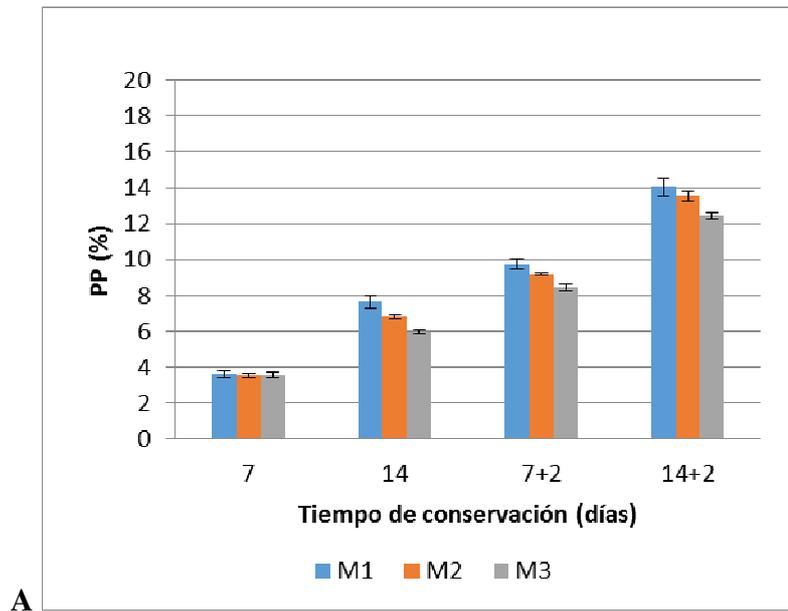


Figura 29. Tasa de PP (%) de frutos de arazá amarillo (A) y arazá rojo (B) conservados a 12 °C, en tres estados de madurez. Los valores representan medias (n=3) ± error estándar.

3.2.5 Color de la epidermis

En las Tablas 17 y 18 se presenta la evolución durante la conservación de los parámetros del color L^* , h_{ab} y C^*_{ab} de la epidermis de frutos de arazá amarillo y rojo respectivamente, cosechados en diferentes estados de madurez.

Los valores de h_{ab} para el arazá amarillo estuvieron entre 80 y 100 °, donde los frutos en estado M1 presentaron valores más altos correspondiendo a coloraciones amarillo verdosas. Los valores de h_{ab} fueron menores en los frutos en estado M3, indicando que presentaban una coloración más amarilla.

Tabla 17. L^* , h_{ab} y C^*_{ab} de la epidermis de frutos de arazá amarillo, cosechados en M1, M2 y M3, conservados a 12 °C.

| Tiempo de conservación (días) | Estado de madurez | L^* | h_{ab} | C^*_{ab} |
|---|--------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Inicial | M1 | 59,98 ± 0,73 | 112,36 ± 0,74 | 33,93 ± 0,33 |
| | M2 | 64,80 ± 0,50 | 103,82 ± 0,67 | 36,26 ± 0,21 |
| | M3 | 68,48 ± 0,56 | 94,92 ± 0,73 | 37,69 ± 0,22 |
| 7 días | M1 | 67,24 ± 0,65 | 99,61 ± 0,83 | 38,31 ± 0,31 |
| | M2 | 68,48 ± 0,51 | 92,99 ± 0,47 | 38,75 ± 0,37 |
| | M3 | 66,97 ± 0,54 | 89,12 ± 0,44 | 37,51 ± 0,29 |
| 7+2 días | M1 | 68,99 ± 0,33 | 90,10 ± 0,36 | 39,64 ± 0,12 |
| | M2 | 67,74 ± 0,51 | 89,09 ± 0,47 | 38,03 ± 0,28 |
| | M3 | 65,57 ± 1,02 | 87,47 ± 0,35 | 37,05 ± 0,58 |
| 14 días | M1 | 70,51 ± 0,27 | 90,55 ± 0,39 | 40,52 ± 0,18 |
| | M2 | 68,60 ± 0,38 | 88,94 ± 0,35 | 38,97 ± 0,28 |
| | M3 | 67,45 ± 0,22 | 86,45 ± 0,34 | 38,66 ± 0,18 |
| 14+2 días | M1 | 67,90 ± 0,34 | 87,21 ± 0,38 | 39,74 ± 0,17 |
| | M2 | 64,57 ± 0,71 | 84,18 ± 0,51 | 37,58 ± 0,38 |
| | M3 | 60,54 ± 0,77 | 82,50 ± 0,52 | 35,70 ± 0,51 |
| Tiempo de conservación | | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Estado de madurez | | 0,0002 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Tiempo de conservación x estado de madurez | | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |

Los datos representan medias (n = 21) ± error estándar.

Los frutos de arazá amarillo redujeron su valor de h_{ab} un 27% durante todo el período de evaluación (Figura 30 C), con valores que pasaron de 110-80 °, que representa un cambio de color de tonos verdes a amarillos, correspondiente a la toma de color típico de estos frutos a medida que maduran. Según Kader (2002), el cambio de color se presenta por degradación de la clorofila (debido a procesos oxidativos) y/o por la síntesis de otros pigmentos como antocianinas y carotenoides. La etapa inicial de la degradación de las clorofilas en tejidos senescentes es iniciada por factores externos, como el estrés hídrico, luminosidad, alteraciones térmicas, o aumentos en los niveles de C_2H_4 , como en el caso de los frutos climatéricos cuando maduran (Heaton y Marangoni, 1996). Este proceso conduce a la pérdida del pigmento verde y acumulación de catabolitos incoloros, e implica la interacción de dos enzimas, la feoforbido a oxigenasa (PaO) y la catabolito de la clorofila roja reductasa (RCCR) (Pruzinská et al., 2003). Por otro lado, la síntesis de pigmentos es lo que le da el color característico a los frutos, y en su mayoría son carotenoides y antocianinas, que proveen tonalidades de amarillo a rojo, y de azul a rojo-púrpura respectivamente. Es así que está reportado que la coloración naranja de los frutos cítricos está determinada por la concentración y la composición de carotenoides (Matsumoto et al., 2009), y frutos de color rojo brillante como el tomate son ricos en el carotenoide licopeno (Fraser et al., 1994).

Con respecto a otros frutos que se tornan amarillos al madurar, en el caso de bananas “Cavendish” que se conservaron a 20 °C, durante la maduración ocurrió la toma de color amarillo propia de la epidermis de estos frutos, y aumentó en la misma la concentración de un tipo de carotenoides, los ésteres de xantofila. Sin embargo el contenido total de carotenoides se mantuvo constante y las xantofilas libres disminuyeron (Thomas y Janave, 1992). Otro ejemplo son los frutos del arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh), nativos de Colombia, de color amarillo cuando maduran, donde fueron identificados múltiples carotenoides en la epidermis y pulpa, incluyendo cuatro xantofilas (libres y esterificadas) y dos carotenos. Una de las xantofilas fue identificada como zeinoxantina, y las otras como luteína, zeaxantina y β criptoxantina. Los carotenoides identificados fueron el α -caroteno y el β -caroteno (Garzón et al., 2012).

Con respecto al estado de madurez, los frutos cosechados en M1 presentaron un tono de color más verde que los M2, y a su vez éstos más verde que los M3, en cosecha (112,36, 103,82 y 94,92 ° respectivamente) y a los 7 días de almacenamiento (99,61, 92,99 y 89,12 ° respectivamente). Sin embargo, en el resto de los momentos de evaluación las diferencias entre estados de madurez fueron mucho menores y sólo fueron significativas entre M1 y M3 (Figura 30). Estos resultados concuerdan con lo reportado en otros trabajos donde se menciona que hay una fuerte correlación entre el color y la madurez de los frutos caracterizada por la degradación de la clorofila y la aparición de los pigmentos responsables del color característico. Azzolini et al. (2005) encontraron que guayabas del género *Psidium* de la variedad “Pedro Sato” cosechadas en estado 1 (color verde oscuro) presentaron color más verde que las cosechadas en estados 2 y 3 (color verde claro y amarillo-verde respectivamente) durante los 12 días de almacenamiento a 23 °C.

El mayor cambio de tono de color ocurrió para los frutos en estado M1 y M2 desde cosecha a 7 días de almacenamiento (11 y 10% de variación de h_{ab}), observándose a simple vista la toma de color amarillo propia de estos frutos. En guayaba del género *Psidium* del tipo “Criolla Roja” en estado de madurez fisiológica, Suárez et al. (2009) encontraron que la temperatura de refrigeración retrasa el proceso de maduración y por lo tanto, el cambio de color. Podemos deducir entonces que si bien pudo haber un enlentecimiento del proceso de maduración durante el almacenamiento refrigerado, el cambio de color se produjo en los frutos de los tres estados de madurez, por lo tanto tuvo lugar la maduración.

Tabla 18. L^* , h_{ab} y C^*_{ab} de la epidermis de frutos de arazá rojo, cosechados en M1, M2 y M3, conservados a 12 °C.

| Tiempo de conservación (días) | Estado de madurez | L^* | h_{ab} | C^*_{ab} |
|---|--------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Inicial | M1 | 38,02 ± 2,03 | 51,68 ± 5,03 | 20,89 ± 0,53 |
| | M2 | 36,48 ± 0,49 | 31,02 ± 0,96 | 25,97 ± 0,59 |
| | M3 | 26,51 ± 0,42 | 15,18 ± 0,40 | 25,35 ± 0,88 |
| 7 días | M1 | 27,53 ± 0,34 | 17,18 ± 0,41 | 23,06 ± 0,62 |
| | M2 | 25,22 ± 0,27 | 14,66 ± 0,35 | 20,29 ± 0,55 |
| | M3 | 25,05 ± 0,20 | 14,71 ± 0,27 | 21,16 ± 0,45 |
| 7+2 días | M1 | 25,37 ± 0,16 | 13,28 ± 0,18 | 24,90 ± 0,39 |
| | M2 | 24,08 ± 0,18 | 11,99 ± 0,43 | 20,29 ± 0,43 |
| | M3 | 22,48 ± 0,12 | 10,64 ± 0,32 | 14,73 ± 0,32 |
| 14 días | M1 | 23,52 ± 0,15 | 11,42 ± 0,30 | 19,90 ± 0,38 |
| | M2 | 22,41 ± 0,18 | 11,07 ± 0,29 | 16,41 ± 0,55 |
| | M3 | 21,76 ± 0,14 | 9,93 ± 0,39 | 12,78 ± 0,41 |
| 14+2 días | M1 | 23,86 ± 0,69 | 15,93 ± 0,81 | 21,03 ± 0,57 |
| | M2 | 22,76 ± 0,40 | 13,94 ± 1,50 | 13,23 ± 0,46 |
| | M3 | 21,43 ± 0,22 | 9,44 ± 0,71 | 10,85 ± 0,42 |
| Tiempo de conservación | | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Estado de madurez | | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Tiempo de conservación x estado de madurez | | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |

Los datos representan medias (n = 21) ± error estándar.

Con respecto a L^* y C^*_{ab} en arazá amarillo, éste presentó un aumento desde cosecha hasta los 14 días de almacenamiento (Figuras 30 A y C), indicando el desarrollo de un color más brillante y más intenso en la epidermis de los frutos. El incremento de L^* en ese período fue de 15% para M1, 5,6% para M2, mientras que para M3 no se observaron diferencias significativas con el transcurso de la conservación refrigerada. El aumento de C^*_{ab} fue de 16% para M1, 7% para M2, y 2,5% para M3 durante el período mencionado. Luego de este aumento, ambas variables permanecieron constantes desde 7 a 7+2 días, y hubo una reducción desde 14 a 14+2 días, que fue de 3,7% para M1, 5,9 % para M2, y 10% para M3. El aumento en la intensidad de color durante el almacenamiento también fue encontrado por Carmona et al. (2012) en naranjas “Navelina”, donde frutos almacenados a 12 °C durante 5 a 7 semanas presentaron mayor intensidad en la coloración de la piel y

pulpa, debido a un incremento en la concentración de carotenoides, incluyendo la β -criptoxantina y el apocarotenoide β -citraurina.

Para arazá rojo hubo una caída importante en los valores de h_{ab} que alcanzó un 82%. Los valores estuvieron en el rango de 52-9 °, tal como se muestra en la Figura 30 B, correspondientes a un cambio de color de tonos amarillos a rojos en la piel de los frutos. Esto indica que, al igual que en arazá amarillo, el proceso de maduración ocurrió. El mayor cambio de tono de color ocurrió para los frutos en estado M1 desde cosecha a 7 días de almacenamiento, con 67% de variación de h_{ab} .

Los pigmentos asociados al color rojo en la piel de los frutos son las antocianinas, siendo ricos en estos pigmentos la frutilla, frambuesa, cereza y arándano (Castañeda-Sánchez y Guerrero-Beltrán, 2015). En el caso de la frutilla y la frambuesa, fue reportado un valor promedio de antocianinas de 40 mg . 100 g⁻¹ pf (Peña-Varela et al., 2006, Lopes da Silva et al., 2002), mientras que para las cerezas, Kim et al. (2005) encontraron valores de 30,5, 42,4 y 49,1 mg . 100 g⁻¹ pf para las variedades “Balaton”, “Danubio” y “Sumandika” respectivamente. Por último para los arándanos, Moldovan et al. (2012) reportaron niveles de 35,6 mg . 100 g⁻¹ pf. En el caso de arazá rojo, Lisboa et al. (2011) reportaron un contenido total de antocianinas entre 4,82 y 6,29 mg . 100 g⁻¹ pf en estado de madurez de consumo.

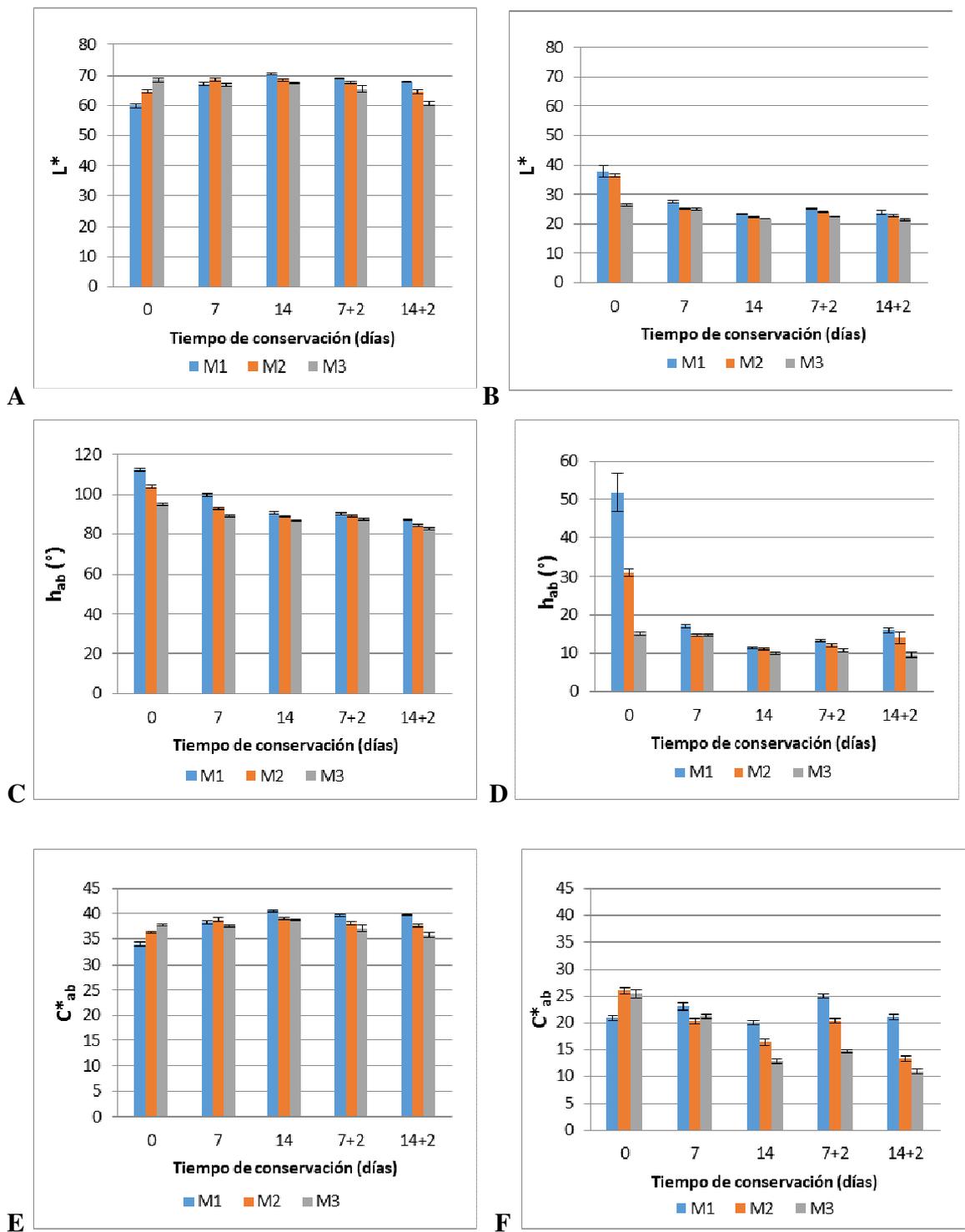


Figura 30. L^* , h_{ab} y C^*_{ab} del color de la epidermis de arazá amarillo (A, C y E) y rojo (B, D y F) cosechados en M1, M2 y M3. Los datos representan medias ($n = 21$) \pm error estándar (ver página siguiente).

Los parámetros L^* y C^*_{ab} en arazá rojo disminuyeron durante la conservación a 12 °C (Figura 30 A y C), presentando valores entre 26-38 en cosecha, 25-28 a los 7 días, 21-24 a los 14 días. Para la variable C^*_{ab} los valores estuvieron entre 20-25 en cosecha, 21-23 a los 7 días, y 12-20 a los 14 días. En frambuesa, un fruto de color rojo, los parámetros del color decrecieron a medida que avanzó la maduración del fruto, lo que significa que el color rojo se intensificó (Peña-Varela et al., 2006).

Las diferencias entre estados de madurez para la variable h_{ab} en arazá rojo solo fueron significativas en cosecha y luego de 14+2 días. En cosecha los promedios de h_{ab} fueron de 51,68, 31,02 y 15,18 ° para M1, M2 y M3, siendo perceptible a simple vista la mayor presencia de sobrecolor rojo en los frutos más maduros. Luego de 14+2 días las diferencias fueron entre M1 y M3, con valores de 15,93 y 9,44 ° respectivamente. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Peña-Varela et al. (2006) en frutos de frambuesa cosechados en tres estados de madurez, inmaduro (rosado), maduro (rojo) y muy maduro (muy rojo), donde los frutos muy maduros tuvieron en promedio más del doble del contenido de antocianinas que los frutos maduros e inmaduros, lo que justificó las diferencias de color observadas.

Con respecto a las variables L^* y C^*_{ab} , la primera de ellas mostró diferencias en cosecha y luego de 7 días de conservación, mientras que para C^*_{ab} hubo diferencias en todos los momentos de evaluación, siendo en general M1 el que presentó los mayores valores, seguido por M2 y luego por M3, lo que está relacionado a un color de piel más brillante e intenso.

Tanto en arazá amarillo como rojo las diferencias de tono de color al momento de cosecha fueron significativas y perceptibles a simple vista.



Figura 31. Variación del color de la epidermis de los estados M1, M2 y M3 (izquierda a derecha) de arazá amarillo al momento de cosecha (A), luego de 7 (B), 14 (C) días de conservación a 12 °C (C) y luego de 7 + 2 (D) y 14 + 2 días (E).

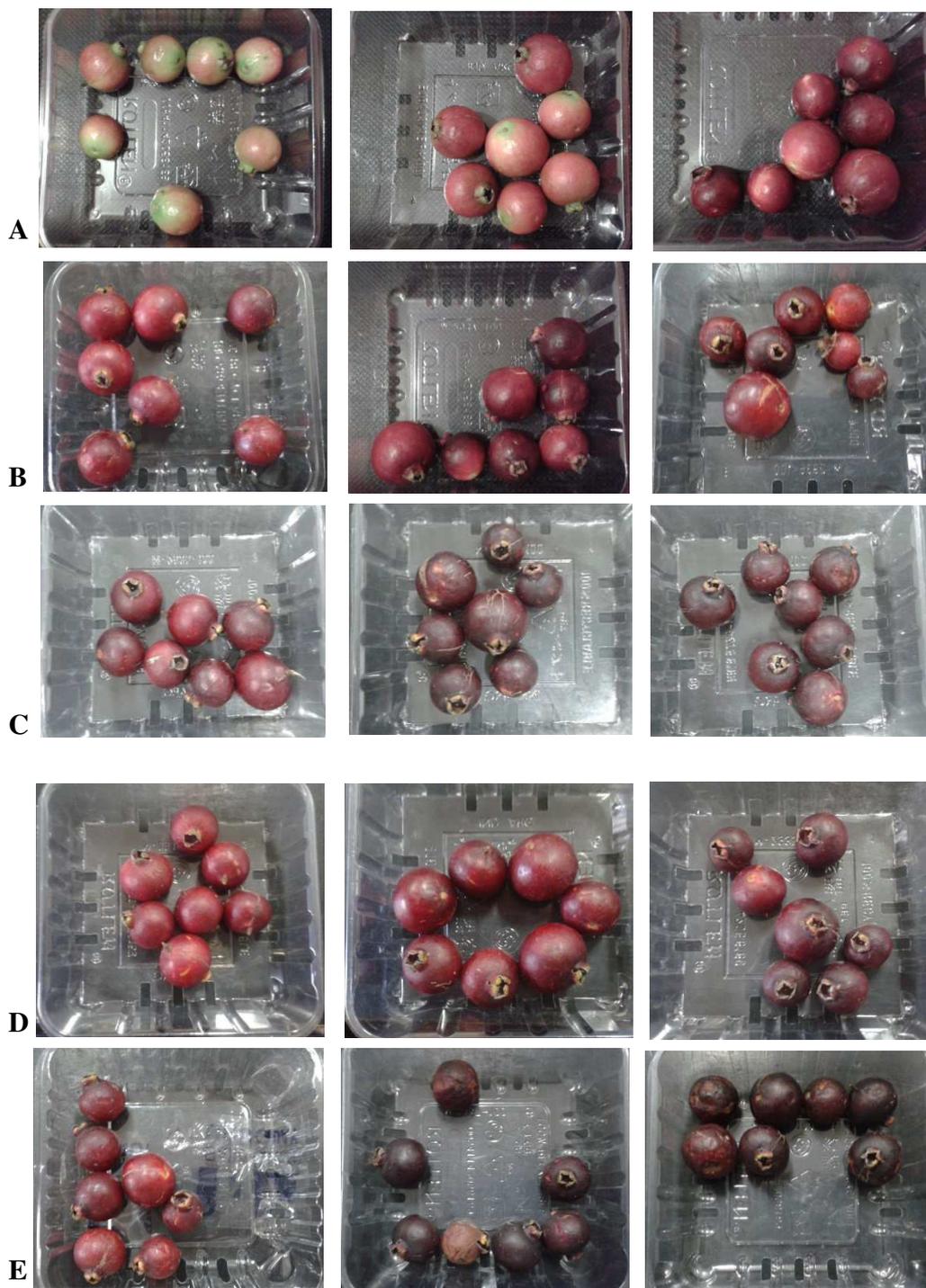


Figura 32. . Variación del color de la epidermis de los estados M1, M2 y M3 (izquierda a derecha) de arazá rojo al momento de cosecha (A), luego de 7 (B), 14 (C) días de conservación a 12 °C (C) y luego de 7 + 2 (D) y 14 + 2 días (E).

3.2.6 Polifenoles Totales (PT)

En la Tabla 19 se presentan los valores promedio de PT para los materiales 24 y 63 de arazá amarillo y rojo respectivamente, en distintos estados de madurez y tiempos de conservación. Los valores estuvieron en el rango 517-628 mg EAG . 100 g⁻¹ pf para el material 24 de arazá amarillo, y 338-588 mg EAG . 100 g⁻¹ pf para el material 63 de arazá rojo.

En trabajos similares, de evaluación de materiales genéticos de frutos del género *Psidium*, se encontraron valores de PT de 443,9 mg EAG . 100 g⁻¹ pf en *P. cattleianum* proveniente de Jamaica, y de 195,2 mg EAG . 100 g⁻¹ pf en *P. guajava* (McCook-Russell et al., 2012). Por otro lado, Medina et al. (2011) determinaron un contenido de PT entre 402,7 y 768,2 mg EAG . 100 g⁻¹ pf en pulpa de frutos de cuatro genotipos de arazá amarillo, y entre 581 y 658 mg EAG . 100 g⁻¹ en pulpa de frutos de dos genotipos de arazá rojo cultivados en el sur de Brasil. En un estudio realizado por Teixeira et al. (2016), el contenido de PT de tres selecciones de arazá amarillo y tres de arazá rojo cultivados en Pelotas, Brasil, y analizados durante seis cosechas consecutivas, varió significativamente entre genotipos, con un rango de 414,7 a 689,67 mg EAG . 100 g⁻¹ pf. Estos valores son comparables a los encontrados en este trabajo.

Tabla 19. PT (mg EAG . 100 g⁻¹ pf) de frutos de arazá amarillo y rojo, en estados de madurez M1, M2 y M3, conservados a 12 °C.

| Tiempo de conservación (días) | Estado de madurez | PT Arazá amarillo (24) (mg EAG . 100 g ⁻¹ pf) | PT Arazá rojo (63) (mg EAG . 100 g ⁻¹ pf) |
|---|-------------------|--|--|
| 0 | M1 | 576,06 ± 16,82 | 397,17 ± 33,08 |
| | M2 | 525,71 ± 21,27 | 339,33 ± 38,94 |
| | M3 | 529,04 ± 2,08 | 337,89 ± 28,89 |
| 7 | M1 | 590,66 ± 10,11 | 413,11 ± 38,73 |
| | M2 | 530,24 ± 21,69 | 411,46 ± 34,12 |
| | M3 | 559,42 ± 10,16 | 452,06 ± 12,09 |
| 7+2 | M1 | 595,27 ± 18,15 | 587,70 ± 19,39 |
| | M2 | 517,41 ± 20,52 | 517,90 ± 33,14 |
| | M3 | 566,23 ± 20,35 | 400,83 ± 9,58 |
| 14 | M1 | 592,11 ± 14,74 | 440,24 ± 43,33 |
| | M2 | 536,12 ± 40,02 | 391,28 ± 26,70 |
| | M3 | 575,71 ± 18,24 | 339,56 ± 41,25 |
| 14+2 | M1 | 597,32 ± 19,67 | 382,67 ± 39,18 |
| | M2 | 589,51 ± 15,86 | 385,27 ± 56,40 |
| | M3 | 627,72 ± 10,06 | 420,94 ± 38,75 |
| <i>Tiempo de conservación</i> | | 0,0057 | <0,0001 |
| <i>Estado de madurez</i> | | 0,0010 | 0,0509 |
| <i>Tiempo de conservación x estado de madurez</i> | | 0,5714 NS | 0,0425 |

NS, no significativo, P > 0,05. Los valores representan medias (n=3) ± error estándar.

El contenido de PT en arazá amarillo se mantuvo constante con el transcurso de la conservación a 12 °C, pero disminuyó luego de 7+2 días (Figura 33 A). En este sentido, Kalt et al. (1999) estudiaron el efecto del almacenamiento sobre los PT, antocianinas y CAT en frutos de frambuesa, frutilla y arándano, durante 0, 1, 2, 4 y 8 días a 0, 10, 20 y 30 °C, y determinaron que para la frutilla y el arándano no hubo un efecto significativo del tiempo y la temperatura de conservación sobre los PT. Sin embargo, para frambuesa el contenido aumentó 1,5 veces luego de 8 días de almacenamiento a 20 °C. Los resultados encontrados en frambuesa en dicho trabajo son similares a los encontrados en nuestro caso para arazá rojo, que presentó un aumento luego de 7+2 días, con respecto a los valores obtenidos en el resto de los momentos de evaluación (Figura 33 B). Este aumento se puede atribuir al aumento en el contenido de antocianinas, que si bien no fueron medidas en este trabajo, se

puede pensar que, al haber una modificación en el color, como fuera discutido anteriormente, haya habido también un aumento en las antocianinas. Estos pigmentos, por ser de naturaleza polifenólica, estarían contribuyendo al aumento en el contenido total de PT, a medida que transcurre el tiempo de conservación. En la misma línea, Cantillano et al. (2012) también reportaron un aumento en el contenido total de PT de frutillas “Camarosa” y “Camino Real” después de 8 días de almacenamiento a 1 °C, siendo 14 y 8% superior con respecto al valor obtenido en cosecha, para ambas variedades respectivamente. Estos autores también encontraron un aumento en el nivel de antocianinas durante el almacenamiento, y explican su síntesis así como la de PT durante la conservación, por la combinación de precursores derivados de las vías del shiquimato y del acetato (Winkel-Shirley, 2001).

Con respecto al efecto del estado de madurez, los frutos de arazá amarillo cosechados en M1 tuvieron un contenido de PT significativamente superior a los cosechados en M2 y M3, siendo los promedios de 586,3, 553,5 y 554,7 mg EAG . 100 g⁻¹ pf para M1, M2 y M3 respectivamente. El mayor contenido de PT en frutos más inmaduros también fue observado para guayabo en este trabajo y reportado por Silveira et al. (2015) en guayabo, y para pitanga fue reportado por Celli et al. (2011). Para arazá rojo también se observó este comportamiento, dado que los frutos en M2 presentaron mayor contenido de PT que en M3, con promedios de 451,6 y 376,5 mg EAG . 100 g⁻¹ pf respectivamente, mientras que para M1 los valores fueron intermedios.

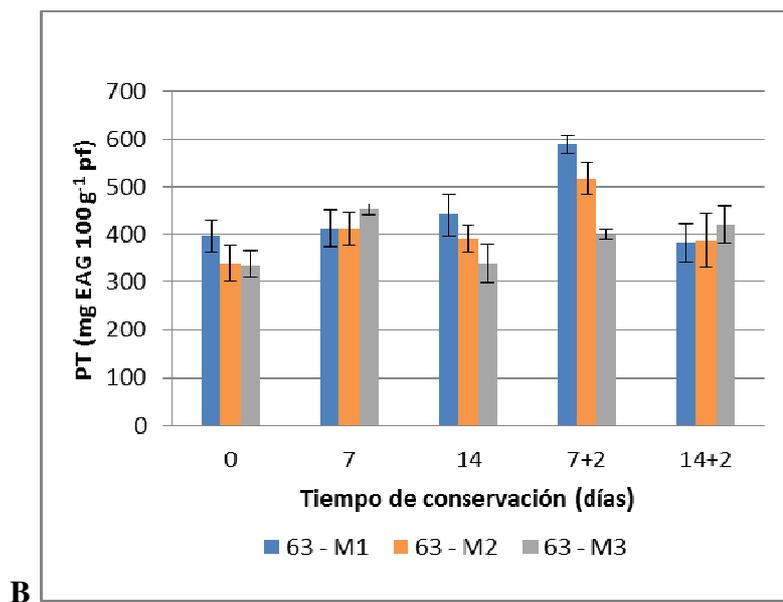
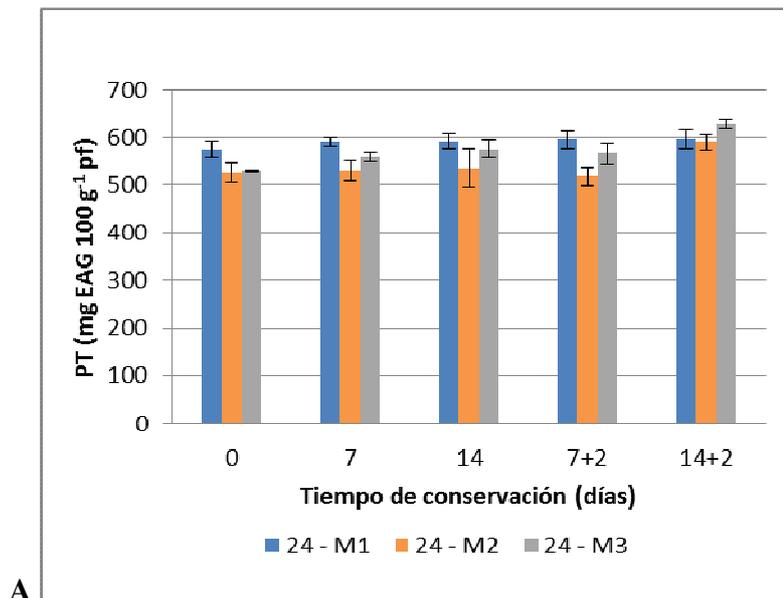


Figura 33. Evolución del contenido de PT (mg EAG . 100 g⁻¹ pf) de frutos de arazá amarillo (A) y arazá rojo (B) conservados a 12 °C, en tres estados de madurez. Los valores representan medias (n = 3) ± error estándar.

3.2.7 Capacidad Antioxidante Total (CAT)

La CAT de frutos de arazá amarillo estuvo en el rango de 328-547 mg AA . 100 g⁻¹ pf, mientras que la de arazá rojo estuvo entre 243-566 mg AA . 100 g⁻¹ pf (Tabla 20).

Si bien no podemos comparar estos valores con los obtenidos en otros trabajos debido a que se utilizaron distintas técnicas de determinación de CAT, sí podemos observar que en varios de ellos los valores obtenidos para arazá rojo son superiores a los de arazá amarillo, lo que no concuerda con nuestros resultados. En este sentido, Medina et al. (2011) determinaron la actividad antioxidante de 3 selecciones de arazá amarillo y 3 de arazá rojo crecidas en Pelotas, Brasil, obteniendo valores entre 35,3 y 45,3% inhibición DPPH para las rojas y entre 19,7 y 34,6% inhibición DPPH para las amarillas (así como mayor contenido de compuestos fenólicos y antocianinas, ambos responsables de la CAT de los frutos). También Teixeira et al. (2016) reportaron mayor CAT en arazá rojo que en amarillo, así como mayor contenido de antocianinas, taninos y compuestos fenólicos.

En un trabajo realizado por McCook-Russell et al. (2012) se encontró que la CAT de frutos de arazá fue superior a la de frutos de *P. guajava*. Los valores obtenidos fueron de 11,3 y 3,8 $\mu\text{mol Trolox} \cdot \text{g}^{-1}$ pf respectivamente.

Tabla 20. CAT (mg AA . 100 g⁻¹ pf) de frutos de arazá amarillo y rojo conservados a 12 °C.

| Tiempo de conservación (días) | Estado de madurez | CAT Arazá amarillo (24) (mg AA 100 g ⁻¹ pf) | CAT Arazá rojo (63) (mg AA 100 g ⁻¹ pf) |
|---|-------------------|--|--|
| 0 | M1 | 480,60 ± 69,63 | 505,97 ± 32,91 |
| | M2 | 330,53 ± 12,02 | 460,41 ± 31,64 |
| | M3 | 334,46 ± 10,63 | 444,66 ± 39,77 |
| 7 | M1 | 356,37 ± 21,64 | 565,68 ± 58,29 |
| | M2 | 328,53 ± 9,09 | 486,60 ± 35,19 |
| | M3 | 414,41 ± 50,99 | 489,93 ± 33,16 |
| 7+2 | M1 | 370,05 ± 4,83 | 565,24 ± 32,70 |
| | M2 | 333,51 ± 17,70 | 516,87 ± 38,19 |
| | M3 | 343,80 ± 4,68 | 483,71 ± 33,14 |
| 14 | M1 | 365,73 ± 15,58 | 547,25 ± 42,43 |
| | M2 | 335,41 ± 27,11 | 503,20 ± 39,60 |
| | M3 | 360,60 ± 13,76 | 399,65 ± 59,41 |
| 14+2 | M1 | 375,91 ± 5,36 | 243,45 ± 12,87 |
| | M2 | 354,68 ± 6,26 | 532,79 ± 66,77 |
| | M3 | 546,79 ± 54,41 | 375,30 ± 57,17 |
| <i>Tiempo de conservación</i> | | 0,1208 NS | 0,0064 |
| <i>Estado de madurez</i> | | 0,0329 | 0,0689 |
| <i>Tiempo de conservación x estado de madurez</i> | | 0,0136 | 0,0169 |

NS, no significativo, P > 0,05. Los valores representan medias (n=3) ± error estándar.

La CAT de los frutos de arazá amarillo se mantuvo constante durante la conservación (Figura 34 A), con un valor promedio en cosecha y luego de 14 días de 407,5 y de 363,2 mg AA . 100 g⁻¹ pf respectivamente. Solamente para el estado M3 hubo un aumento luego de 14+2 días, con un valor de 546,8 mg AA . 100 g⁻¹ pf. Los frutos de arazá rojo en estado M2 y M3 también mantuvieron constante su CAT con el transcurso de la conservación, pero sin embargo los frutos en el estado M1 disminuyeron su valor a los 14+2 días (Figura 34 B).

Por el contrario, varios autores han reportado un aumento en la CAT de frutos rojos durante el almacenamiento y a medida que maduran. Kalt et al. (1999) reportaron un aumento de 1,5 veces de la CAT de frutillas conservadas durante 8 días a 0, 10, 20 y 30 °C, con el mayor aumento a los 10 y 20 °C. En frambuesa el

aumento de CAT fue del doble del valor inicial cuando se conservaron a 20 °C. En ambos casos el aumento de la CAT se debió a un aumento de los antocianos y no de los fenoles. También Stoner y Seeram (2011) y Kulkarni y Aradhya (2005) reportaron un aumento de la CAT en frutos de granada y arándano en la etapa de maduración organoléptica, como consecuencia probablemente de la formación de antocianinas.

Con respecto al efecto del estado de madurez, los frutos de arazá amarillo cosechados en M1 presentaron mayor CAT que los cosechados en M2, con valores promedio de 400,9 y 344,1 mg AA . 100 g⁻¹ pf respectivamente. Para arazá rojo los resultados fueron similares, presentando M1 y M2 mayor CAT que M3, con valores promedio de 539,6, 524,8 y 444,8 mg AA . 100 g⁻¹ pf respectivamente. Este mismo comportamiento fue observado para el contenido de PT, lo que era de esperar ya que éstos contribuyen a la CAT de los frutos, como fue reportado previamente por Lozano et al. (2013) y Medina et al. (2011) para frutos de arazá, y por Pasquariello et al. (2015) para frutos de guayabo. En este sentido, varios autores explican que la mayor CAT durante la etapa de crecimiento está orientada a proteger las células vegetales del daño oxidativo causado por la elevada producción de especies reactivas del oxígeno, derivadas de la alta tasa de respiración y la mayor actividad fotosintética en este período (Gil-Albert, 1995, Coletto, 1994). Acorde con esto, Lozano et al. (2013) encontraron menores valores de CAT en frutos de arazá más maduros, habiendo un decremento cuando comenzó el período de maduración organoléptica con respecto al estado anterior verde maduro, que fue acompañado de una ligera disminución del contenido de PT. Asimismo, Mondal et al. (2004) analizaron varios componentes de estrés oxidativo y de sistema antioxidante en frutos de *Psidium guajava* y encontraron que la disminución de los compuestos de defensa antioxidante luego del cambio de color de los frutos se produce para facilitar muchos de los cambios metabólicos asociados a la maduración, y en consecuencia aumenta el estrés oxidativo generado por la acumulación de especies reactivas del oxígeno.

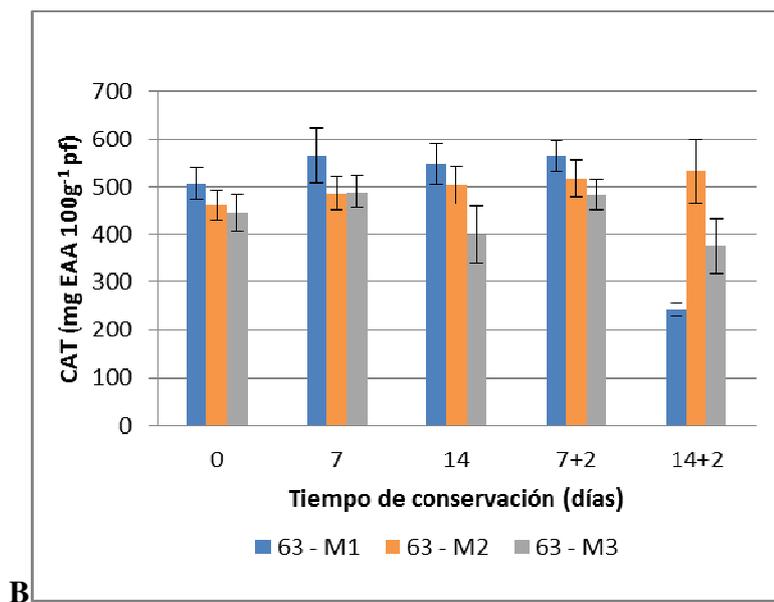
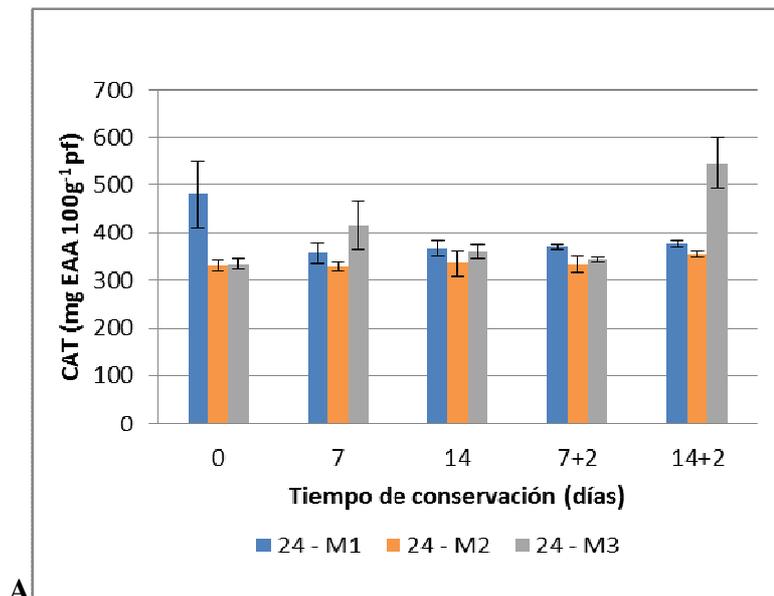


Figura 34. Evolución de la CAT (CAT) (mg AA . 100 g⁻¹ pf) de frutos de arazá amarillo (A) y arazá rojo (B) conservados a 12 °C, en tres estados de madurez. Los valores representan medias (n = 3) ± error estándar.

4. CONCLUSIONES

La pérdida de calidad de los frutos de guayabo y arazá que ocurrió durante la conservación refrigerada y en vida de estante, se debió fundamentalmente a la pérdida de firmeza y de peso de los frutos. En el caso de guayabo, los días de vida de estante fueron los principales responsables de la pérdida de firmeza, peso, sólidos solubles, acidez y del cambio de color de la piel de los frutos a tonos más amarillentos. Para arazá, sin embargo, los días de vida de estante fueron los principales responsables de la pérdida de peso, pero desde los 7 días de almacenamiento en adelante la disminución de la firmeza fue ligera y el cambio de color no perceptible. El contenido de sustancias con capacidad antioxidante no disminuyó durante la conservación refrigerada, y aunque si lo hizo durante la vida de estante en guayabo, ésta disminución fue menor al 30 %.

En guayabo, los materiales genéticos que se destacaron por su menor perecibilidad y/o su mayor contenido de compuestos bioactivos fueron el 95 por su mayor firmeza y menor actividad metabólica, el 98 por su mayor firmeza, mayor contenido de vitamina C y menor emisión de C_2H_4 , y el 152 por su mayor contenido de PT, CAT, y AT. Estos materiales serían los más interesantes para su desarrollo comercial. Los materiales 95 y 98 pueden ser considerados más aptos para su conservación por hasta 30 días, debido a su mayor firmeza y menor actividad metabólica, que los 152, 153 y 154, que serían más propicios para su consumo inmediato o conservación por hasta 15 días. Cosechar los frutos en estado M1 se justifica más para los materiales 152, 153 y 154 que fueron menos firmes, ya que en general resultó en una mayor firmeza pero mayor PP en conservación, más intensidad respiratoria y mayor PT y CAT que los frutos cosechados en estado M2.

En arazá el uso del color de piel es un buen índice de madurez para diferenciar distintos estados a la cosecha, a diferencia del guayabo donde no es posible utilizar el color como índice de madurez. Los frutos de arazá cosechados en los tres estados de madurez completaron su maduración durante el período en estudio, ya que mostraron profundos cambios en el color de su piel, así como en la firmeza, como ocurre en los frutos climatéricos. Sin embargo, mientras que los frutos

de arazá rojo mostraron un comportamiento típico climatérico en su patrón de respiración, esto no fue así en arazá amarillo. Los arazá amarillos cosechados en M1 presentaron mayor firmeza pero mayor PP, mayor PT y CAT que en M2. Los arazá rojos cosechados en M1 presentaron mayor firmeza, menor PP, menor tasa respiratoria que en M2, y mayor CAT que los cosechados en M3. Los arazá rojos son los frutos en los que fue más claro el beneficio de realizar su cosecha en estado M1, ya que la pérdida de calidad física luego de la conservación fue más notoria.

5. BIBLIOGRAFÍA

Akamine EK, Goo T, 1979a. Respiration and ethylene production in fruits of species and cultivars of *Psidium* and species of *Eugenia*. Journal of the American Society for Horticultural Science, 104: 632-635.

Akamine EK, Goo T. 1979b. Concentrations of carbon dioxide and ethylene in cavity of attached papaya fruit, HortScience, 14 (2): 138-139.

Akerman M, Zauberman G, Fuchs Y. 1993. Improvement of the keeping quality of feijoa fruit after harvest. Hassadeh, 74: 55-59.

Al-Harthy AS. 2010. Postharvest treatments to extend the storage life of feijoa (*Acca sellowiana*). Thesis Doctor of philosophy. Palmerston North, New Zealand. Massey University. 58 p.

Al-Harthy AS, Mawson AJ, East AR. 2008. Investigations on extending shelf life of feijoa fruits with cool storage conditions. Acta Horticulturae, 804: 255-261.

Amarante CVT, Steffens CA, Benincá T, Hackbarth C, Dos Santos K. 2013. Qualidade e potencial de conservação pós-colheita dos frutos em cultivares brasileiras de goiabeira-serrana. Revista Brasileira de Fruticultura, 35: 990-999.

Amarante CVT, Steffens CA, Ducroquet JPHJ, Sasso A. 2008. Qualidade de goiabeira-serrana em resposta à temperatura de armazenamento e ao tratamento com 1-metilciclopropeno. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 43 (12): 1683-1689.

Azzolini M, Jacomino AP, Bron IU, Kluge RA, Schiavinato MA. 2005. Ripening of 'Pedro Sato' guava: study on its climacteric or non climacteric nature. Brazilian Journal of Plant Physiology, 17 (3): 299-306.

Bahorun T. 1998. Substances naturelles actives: la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. En: Annual Meeting of Agricultural Scientists (2^o, 1997, Réduit, Mauritius). Proceedings. Lalouette JA, Bachraz DY, Sukurdeep N, Seebaluck BD. 83-94.

Bashir HA, Abu-Goukh AA. 2003. Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chemistry*, 80: 557-563.

Bebic D. 1972. Uticaj osobina pokožice ploda jabuke na gubitke u težini za vreme skladištenja. *Zbornik Radova Poljoprivrednog Fakulteta*, 20 (546): 1-8.

Becker BR, Fricke BA. 2001. A numerical model of commodity moisture loss and temperature distribution during refrigerated storage. *Acta Horticulturae*, 566: 431–436.

Benzie I, Strain J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of Antioxidant Power: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239: 70-76.

Beverly RB, Latimer JG, Smittle, DA. 1993. Preharvest physiological and cultural effects on postharvest quality. En: Shewfelt RL, Prussia SE (Eds.). *Postharvest Handling: a System Approach*. London: Academic Press. (Food Science and Technology). 73-98.

Biale JB, Young RE, Olmstead AJ. 1954. Fruit respiration and ethylene production. *Plant Physiology*, 29: 168–174.

Blažek J, Paprštejn F. 2003. Organoleptické hodnocení jablek na konci skladovací sezóny v r. 2003. *Zahradnictví*, 10: 8-9.

- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft and Technology*, 22: 25-30.
- Brown BI, Wills RBH. 1983. Post-harvest changes in Guava fruit of different maturity. *Scientia Horticulturae*, 19: 237-243.
- Brussa C, Grela I. 2007. *Flora arbórea del Uruguay, con énfasis en las especies de Rivera y Tacuarembó*. Montevideo: COFUSA. 544 p.
- Büchert AM, Civello PM, Martínez GA. 2011. Chlorophyllase versus pheophytinase as candidates for chlorophyll dephytilation during senescence of broccoli. *Journal of Plant Physiology*, 168 (4): 337–343.
- Cacioppo O. 1988. *La feijoa*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Cantillano RFF, Ávila JMM, Peralba MR, Pizzolato TM, Toralles RP. 2012. Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas en dos sistemas de producción. *Horticultura Brasileira*, 30: 620-626.
- Carmona L, Zacarías L, Rodrigo MJ. 2012. Stimulation of coloration and carotenoid biosynthesis during postharvest storage of “Navelina” orange fruit at 12 °C. *Postharvest Biology and Technology*, 74: 108-117.
- Castellanos DA, Polanía W, Herrera AO. 2016. Development of an equilibrium modified atmosphere packaging (EMAP) for feijoa fruits and modeling firmness and color evolution. *Postharvest Biology and Technology*, 120 (2016): 193-203.
- Cecy C, Yassumoto Y. 1973. Observacoes sobre a fitoterapia popular nos arredores de Curitiba. *Tribuna Farmaceutica*, 41 (1-2): 14-22.

Celli GB, Pereira-Neto AB, Beta T. 2011. Comparative analysis of total phenolic content, antioxidant activity, and flavonoids profile of fruits from two varieties of Brazilian cherry (*Eugenia uniflora* L.) throughout the fruit developmental stages. *Food Research International*, 44: 2442-2451.

Cochrane CB. 1999. Antibacterial and antifungal screening of Florida's exotic invasive plant species. En: Florida's garden of good and evil: Joint Conference of the Exotic Pest Plant Council and the Florida Native Plant Society (1º, 1998, Florida). Proceedings. Homestead, Florida. Jones DT, Gamble BW, (Eds.). 205-216.

Coletto JM. 1994. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales. Segunda edición. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 167 p.

Correa SI, Bravo Zamudio L, Sotero Solís V, Oliva Cruz C. 2011. Contenido de vitamina C en frutos de camu camu *Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh, en cuatro estados de maduración, procedentes de la Colección de Germoplasma del INIA Loreto, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 2: 123-130.

Crisosto CH, Mitcham EJ, Kader AA. 2013a. Durazno y nectarín: Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Consultado 23 de agosto de 2016. Disponible en: http://ucanr.edu/sites/postharvest/frutasymelones/Durazno_y_Nectar%C3%ADn/

Crisosto CH, Mitcham EJ, Kader AA. 2013b. Ciruela: Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Consultado 23 de agosto de 2016. Disponible en: <http://ucanr.edu/sites/postharvest/frutasymelones/Ciruela/>

- Crisosto CH, Mitcham EJ, Kader AA. 2013c. Kiwi: Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Consultado 23 de agosto de 2016. Disponible en: http://ucanr.edu/sites/postharvest/frutasymelones/Kiwi_57/
- Crisosto CH, Mitcham EJ, Kader AA. 2013d. Pera Asiática: Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Consultado 23 de agosto de 2016. Disponible en: http://ucanr.edu/sites/postharvest/frutasymelones/Pera_Asi%C3%A1tica/
- Crisosto CH, Crisosto G, Metheney P. 2003. Consumer acceptance of “Brooks” and “Bing” cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin color. *Postharvest Biology and Technology*, 28 (1): 159-167.
- Cruz C, Escanda F, Machado J, Rameau C. 2012. Caracterización de una población de Guayabo del País (*Acca sellowiana* Berg. Burret) de pulpa rosada. En: INIA. 6to Encuentro Nacional sobre Frutos Nativos. Serie Actividades de Difusión N° 679. Canelones, Uruguay. INIA Las Brujas. 45-47.
- Curry E. 2005. Ultrastructure of epicuticular wax aggregates during fruit development in apple (*Malus domestica* Borkh.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80: 668-676.
- Demir F, Kalyoncu IH. 2003. Some nutritional, pomological and physical properties of cornelian cherry (*Cornus mas* L.). *Journal of Food Engineering*, 60: 335-341.
- Diaz-Perez JC. 1998. Transpiration rates in eggplant as affected by fruit and calyx size. *Postharvest Biology and Technology*, 13: 45–49.

- Dos Santos KL, Peroni N, Guries RP, Nodari RO. 2009. Traditional knowledge and management of feijoa (*Acca sellowiana*) in Southern Brazil. *Economic Botany*, 63: 204-214.
- Downs C, Pickering AE, Reihana M, O'Donoghue EM, Martin W. 1988. The relationship between fruit retention force at harvest and quality of feijoa after storage. *Annals of Applied Biology*, 113: 197-204.
- East A, Trejo Araya X, Hertog M, Nicholson S, Mawson A. 2009. The effect of controlled atmospheres on respiration and rate of quality change in 'Unique' feijoa fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 53 (1-2): 66-71.
- El-Bulk RE, Babiker EF, El-Tinay AH. 1997. Changes in chemical composition of guava fruits during development and ripening. *Food Chemistry*, 59: 395-399.
- Fabi JP, Cordenunsi BR, Seymour GB, Lajolo FM, Oliveira do Nascimento JR. 2009. Molecular cloning and characterization of a ripening-induced polygalacturonase related to papaya fruit softening. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47: 1075-1081.
- Falagán N, Artés F, Gómez PA, Artés-Hernández F, Conejero W, Aguayo E. 2014. Deficit Irrigation Strategies Combined With Controlled Atmosphere Preserve Quality in Early Peaches. *Food Science and Technology*, 21 (7): 547-556.
- FAO. 2003. Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas. Del campo al mercado. Roma. (Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 151).
- FAO. 1993. Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. Roma. (Colección FAO: Capacitación, N° 17/2).

- Feippe A, Ibáñez F, Calistro P, Zoppolo R, Vignale B. 2011. Uruguayan native fruits provide antioxidant phytonutrients and potential health benefits. *Acta Horticulturae*, 918: 443-447.
- Feippe A, Peralta Altier G, Ibáñez F, Vignale B, Cabrera D, Zoppolo R. 2008. Valor nutricional de los frutos nativos del Uruguay *Eugenia uniflora* (Pitanga); *Psidium cattleianum* (Arazá); *Acca sellowiana* (Guayabo del país) y *Myrcianthes pungens* (Guaviyú). *Revista INIA Uruguay*, 15: 33-35.
- Fraser PD, Truesdale MR, Bird CR, Schuch W, Bramley PM. 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. *Plant Physiology*, 105: 405-413.
- Fu L, Xu BT, Xu XR, Gan RY, Zhang Y, Xia EQ, Li HB. 2011. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chemistry*, 129: 345-350.
- Fujii H, Shimada T, Sugiyama A, Nishikawa F, Endo T, Nakano M, Ikoma Y, Shimizu T, Omura M. 2007. Profiling ethylene-responsive genes in mature mandarin fruit using a citrus 22K oligoarray. *Plant Science*, 173: 340-348.
- Gallego-Corrales SP, Riaño-Luna CE, Orozco-Gallego L. 2003. Determinación del comportamiento químico y fisiológico de *Feijoa sellowiana* en almacenamiento. *Cenicafé*, 54, 50-62.
- Galvis JA. 2003. Manejo de la cosecha y poscosecha de la feijoa. En: Fischer G, Miranda D, Cayón G, Mazorra M. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y exportación de la feijoa (Acca sellowiana Berg)*. Bogotá: Produmedios. 111-123.
- Galvis JA, Arjona H, Fischer G, Martínez R. 2002. Análisis del crecimiento y desarrollo del fruto del mango (*Mangifera indica* L.) variedad Van Dyke en el municipio de El Espinal. *Agronomía Colombiana*, 20 (3): 39-45.

- Garzón GA, Narváez-Cuenca CE, Kopec RE, Barry AM, Riedl KM, Schwartz SJ. 2012. Determination of carotenoids, total phenolic content, and antioxidant activity of Arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh), an Amazonian fruit. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60 (18): 4709-17.
- Gil-Albert VF. 1995. *Tratado de Arboricultura Frutal. Volumen 1. Morfología y fisiología del árbol frutal. Cuarta Edición. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 102 p.*
- González IA. 2010. *Caracterización química del color de diferentes variedades de guayaba (P. guajava L.) colombiana. Tesis de maestría. Bogotá, Colombia. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*
- Haffner K, Rosenfeld HJ, Skrede G, Wang L. 2002. Quality of raspberry *Rubus idaeus* L. cultivars after storage in controlled and normal atmosphere. *Postharvest Biology and Technology*, 24: 279-289.
- Han J, Tian SP, Meng XH, Ding ZS. 2006. Response of physiologic metabolism and cell structures in mango fruit to exogenous methyl salicylate under low-temperature stress. *Physiologia Plantarum*. 128, 125-133.
- Heaton JW, Marangoni AG. 1996. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. *Trends in Foods Science and Technology*, 7: 8-15.
- Hernández J. 1994. *Fisiología poscosecha de frutas y hortalizas. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Agrícola. 85 p.*
- Hernández MS, Barrera J, Martínez O, Fernández-Trujillo JP. 2009. Postharvest quality of arazá fruit during low temperature storage. *LWT - Food Science and Technology*, 42 (4): 879-884.

- Herrera A, Quicazán M. 2000. Caracterización del fruto de Feijoa (*Acca sellowiana* B.). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. (Documento sin publicar).
- Hirschfeld KR, Goldschmidt EE. 1983. Chlorophyllase activity in chlorophyll-free citrus chromoplasts. *Plant Cell Reports*, 2: 117-118.
- Hoffmann A, Nachtigal JC, Kluge RA, Bilhalva AB. 1994. Influência da temperatura e do polietileno no armazenamento de frutos de goiabeira serrana (*Feijoa sellowiana* Berg.). *Scientia Agricola*, 51 (3): 563-68.
- Holcroft D. 2015. Water relations in harvested fresh produce. The Postharvest Education Foundation (PEF). PEF White Paper, 15 (01): 1-16.
- Holland B, Welch AA, Unwin ID, Buss DH, Paul AA, Southgate DAT. 1991. McCance and Widdowson's The Composition of Foods. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry.
- Ielpo M, Basile A, Miranda R, Moscatiello V, Nappo C, Sorbo S, Laghi E, Ricciardi M, Ricciardi I, Vuotto ML. 2000. Immunopharmacological properties of flavonoids. *Fitoterapia*, 71:S101-S109.
- Isobe Y, Kase M, Narita T, Komiya A. 2004. Antioxidative activity of a polyphenol extract from *Feijoa sellowiana* Berg. and its application to cookies. *Nippon Kasei Gakkaishi*, 55 (10): 799-804.
- Ju Z, Yuan Y, Liu C, Zhan S, Wang M. 1996. Relationships among simple phenol, flavonoid and anthocyanin in apple fruit peel at harvest and scald susceptibility. *Postharvest Biology and Technology*, 8: 83-93.

Kader AA. 2006. Feijoa recommendations for maintaining postharvest quality. Consultado 23 de agosto de 2016. Disponible en: http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Fruit_English/?uid=22&ds=798

Kader AA. 2002. Postharvest biology and technology: An overview. En: Kader AA (Ed.). Postharvest technology of horticultural crops. 3a. ed. Oakland, California: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. 39-48.

Kader AA. 1992. Postharvest biology and technology: An overview. En: Kader AA (Ed.). Postharvest technology of horticultural crops. Davis, California: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. 15-20.

Kähkönen MP, Hopia AI, Heinonen M. 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 4076-4082.

Kalt W, Forney CF, Martin A, Prior RL. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics and anthocyanins after fresh storage of small fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 4638-4644.

Karami M, Saeidnia S, Nosrati A. 2013. Study of the hepatoprotective activity of methanolic extract of *Feijoa sellowiana* fruits against MDMA using the isolated rat liver perfusion system. *Iranian journal of pharmaceutical research*, 12 (1): 85-91.

Katz E, Martínez-Lagunes P, Riov J, Weiss D, Goldschmidt EE. 2004. Molecular and physiological evidence suggests the existence of a system II-like pathway of ethylene production in non-climacteric Citrus fruit. *Planta*, 219: 243-252.

Kays SJ, Paull RE. 2004. Postharvest biology. Athens, G.A: Exxon Press.

- Kays SJ. 1997. Postharvest physiology of perishable plant products. Georgia: Exxon Press. 532 p.
- Kim DO, Heo HJ, Kim YJ, Yang HS, Lee CY. 2005. Sweet and sour cherry phenolics and their protective effects on neuronal cells. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 53 (26): 9921-9927.
- Kissinger M, Tuvia-Alkalai S, Shalom Y, Fallik E, Elkind Y, Jenks MA, Goodwin MS. 2005. Characterization of physiological and biochemical factors associated with postharvest water loss in ripe pepper fruit during storage. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 130: 735-741.
- Kolattukudy P. 2003. Natural waxes on fruits. Postharvest Information Network. Consultado 5 de julio de 2016. Disponible en: <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/REP2003A.pdf>
- Krüger E, Dietrich H, Schöpplein E, Rasim S, Kürbel P. 2011. Cultivar, storage conditions and ripening effects on physical and chemical qualities of red raspberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 60: 31-37.
- Kulkarni AP, Aradhya SM. 2005. Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. *Food Chemistry*, 93 (2): 319-324.
- Lara I, Burcu Belge B, Goulao LF. 2014. The fruit cuticle as a modulator of postharvest quality. *Postharvest Biology and Technology*, 87: 103-112.
- Lee SK, Kader AA. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20: 207-220.
- Leja M, Mareczek A, Ben J. 2003. Antioxidant properties of two apple cultivars during long-term storage. *Food Chemistry*, 80: 303-307.

- Lester DR, Speirs J, Orr G, Brady CJ. 1994. Peach (*Prunus persica*) endopolygalacturonase cDNA isolation and mRNA analysis in melting and nonmelting peach cultivars. *Plant Physiology*, 105: 225-231.
- Lisboa A, Reckziegel LI, Clasen F, Salvador M, Carlos R, Padilha da Silva W, Nora L, Valmor C. 2011. Aracá (*Psidium cattleianum* Sabine). Function of antioxidant enzymes and metabolites during maturation of pea. *Food Chemistry*, 128 (4): 916-922.
- Lopes da Silva F, Pascual-Teresa S, Rivas-Gonzalo J, Santos-Buelga C. 2002. Identification of anthocyanin pigments in strawberry (cv Camarosa) by LC using DAD and ESI-MS detection. *European Food Research and Technology*, 214 (3): 248–253.
- Lozano VV, Osorio Vélez LF, Rojano BA. 2013. Cambios en la actividad antioxidante durante el desarrollo de frutos de *Psidium cattleianum* SABINE (MYRTACEAE). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 66 (1): 6939-6947.
- Matsumoto H, Ikoma Y, Kato M, Nakajima N, Hasegawa Y. 2009. Effect of postharvest temperatura and ethylene on carotenoid accumulation in the flavedo and juice of sacs of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92: 520-525.
- McCook-Russel KP, Nair MG, Facey PC, Bowen-Forbes CS. 2012. Nutritional and nutraceutical comparison of Jamaican *Psidium cattleianum* (strawberry guava) and *Psidium guajava* (common guava) fruits. *Food Chemistry*, 134: 1069-1073.

- McGhie T, Hunt M, Barnett L. 2004. Determination of phytochemical and antioxidant compounds in Feijoa. New Zealand. Report to the New Zealand Feijoa Growers Association, HortResearch.
- Medina AL, Haas LIR, Chaves FC, Salvador M, Zambiasi RC, da Silva WP, Nora L, Rombaldi CV. 2011. Araca (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidant and antimicrobial activities and antiproliferative effect on human cancer cells. *Food Chemistry*, 128: 916-922.
- Mercado-Silva E, Bautista PB, Garcia-Velasco MA. 1998. Fruit development, harvest index ripening changes of guavas produced in central Mexico. *Postharvest Biology and Technology*, 13 (2): 143-150.
- Mishra VK, Gamage TV. 2007. Postharvest physiology of fruit and vegetables. En: Shafiur Rahman M. (Ed.). *Handbook of food preservation*. (2nd ed.). USA: CRC Press. 19-48.
- Mitcham EJ, Crisosto CH, Kader AA. 2013. Pera Bartlet: Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Consultado 23 de agosto de 2016. Disponible en: http://ucanr.edu/sites/postharvest/frutasymelones/Pera_Bartlet/
- Moldovan B, David L, Chisbora C, Cimpoi C. 2012. Degradation kinetics of anthocyanins from european cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) fruit extracts. Effects of temperature, pH and storage solvent. *Molecules*, 17 (10): 11655-11666.
- Mondal K, Sharma NS, Malhotra SP, Dhawan K, Singh R. 2004. Antioxidant systems in ripening tomato fruits. *Biología Plantarum*, 48 (1): 49-53.
- Montero J, Fernández E. 2007. La dieta como concepto terapéutico. Conceptos de alimento funcional y de nutraceutico. Situación actual de los alimentos

funcionales y nutraceuticos. Aspectos legales. En: Emilio Luengo Fernández. Alimentos funcionales y nutraceuticos. España. Sociedad Española de Cardiología. 1-12.

Mullen W, Stewart AJ, Lean MEJ, Gardner P, Duthie GG, Crozier A. 2002. Effect of freezing and storage on the phenolics, ellagttannins, flavonoids, and antioxidant capacity of red raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 5197-5201.

Nakashima H. 2001. Biological activity of feijoa peel extracts. *Occasional Papers Kagoshima, Korimoto, Japón: University Research Center for the Pacific Islands*. 169-175.

Nishiyama K, Guis M, Rose JKC, Kubo Y, Bennett KA, Wangjin L, Kato K, Ushijima K, Nakano R, Inaba A, Bouzayen M, Latche A, Pech JC, Bennett AB. 2007. Ethylene regulation of fruit softening and cell wall disassembly in Charentais melón. *Journal of Experimental Botany*, 58: 1281-1290.

Normand F. 2002a. The strawberry guava: a new fruit species for humid areas in Réunion Island. *Acta Horticulturae*, 575: 245-251.

Normand F. 2002b. De la fleur au fruit: étude et modélisation de la floraison, de la fécondation-fructification et de la croissance du fruit chez le goyavier-fraise (*Psidium cattleianum*). Doctoral thesis. Paris, France: Institut National Agronomique. 118 p.

Oliveira MA, Cereda MP. 2003. Pós-colheita de Pêssegos (*Prunus persica* L. Batsch) revestidos com filme a base de amido como alternativa à cera comercial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23: 20-33.

Paniandy JC, Normand F, Reynes M. 1999. Factors affecting the conservation of fresh strawberry guavas produced on Reunion Island. *Fruits Paris*, 54: 49-56.

- Park YS, Leontowicz H, Leontowicz M, Namiesnik J, Suhaj M, Cvikrova M, Martincova O, Weisz M, Gorinstein S. 2011. Comparison of the contents of bioactive compounds and the level of antioxidant activity in different kiwifruit cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 963-970.
- Parra-Coronado A, Fischer G, Camacho-Tamayo JH. 2015. Development and quality of pineapple guava fruit in two locations with different altitudes in Cundinamarca, Colombia. *Bragantia*, 74: 359-366.
- Pasquariello MS, Mastrobuoni F, Di Patre D, Zampella L, Capuano LR, Scortichini M, Petriccione M. 2015. Agronomic, nutraceutical and molecular variability of feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) germplasm. *Scientia Horticulturae*, 191: 1-9.
- Peña-Varela G, Rios R, Salinas-Moreno Y. 2006. Contenido de antocianinas totales y actividad antioxidante en frutos de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) con diferente grado de maduración. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12 (2): 159-163.
- Petit-Jiménez D, González-León A, González-Aguilar G, Sotelo-Mundo R., Báez-Sañudo R. 2007. Cambios de la cutícula durante la ontogenia del fruto de *Mangifera indica* L. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30 (1): 51-60.
- Piña G, Laborem Escalona G, Surga J, Marín C, Rangel L, Espinoza M, Delgado A. 2006. Atributos de calidad en frutos de híbridos FHIA (*Musa*) para tres ciclos de cosecha. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23 (4): 429-447.
- Popenoe W. 1920. *Manual of tropical and subtropical fruits*. New York: Macmillan. 474 p.
- Pruzinská A, Tanner G, Anders I, Roca M, Hortensteiner S. 2003. Chlorophyll breakdown: Pheophorbide a oxygenase is a rieke-type iron- sulfur protein,

encoded by the accelerated cell death 1 gene. *Plant Biology*, 100 (25): 15259-15264.

Purvis AC, Barmore CR. 1981. Involvement of ethylene in chlorophyll degradation in peel of citrus fruits. *Plant Physiology*, 68: 854-856.

Quintero OC. 2012. Feijoa (*Acca sellowiana* Berg). En: Fisher G. Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Bogotá, Colombia. Produmedios. 443-473.

Ramírez JM, Galvis JA, Fischer G. 2005. Maduración poscosecha de la feijoa (*Acca sellowiana* Berg) tratada con CaCl₂ en tres temperaturas de almacenamiento. *Agronomía Colombiana*. 23 (1): 117-127.

Raseira MCB, Raseira A. Contribuicao ao estudo do aracazeiro, *Psidium cattleianum*. Pelotas Embrapa/CPACT: 33-45.

Reid MS. 1975. The role of ethylene in the ripening of some unusual fruits. *Facteurs et Regulation de la Maturation des Fruits. Colloques Internationaux de Centre National de al Recherche Scientifique*, 238: 177-182.

Renard CMGC, Dupont N, Guillermin P. 2007. Concentrations and characteristics of procyanidins and other phenolics in apples during fruit growth. *Phytochemistry*, 68: 1128-1138.

Robards K, Prenzler PD, Tucker G, Swatsitang P, Glover W. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*, 66: 401-436.

Rocha LD, Preussler KH, Pegorini F, de Farias V, Maranhão LT. 2008. Estudo anatomico comparativo da casca do caule do aracá-amarelo e aracá-vermelho, '*Psidium cattleianum* Sabine', Myrtaceae. *Acta Botanica Brasilica*, 22 (4): 1114-22.

- Rodrigo MJ, Zacarías L. 2007. Effect of postharvest ethylene treatment on carotenoid accumulation and the expression of carotenoid biosynthetic genes in the flavedo of orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 43 (1): 14-22.
- Rodrigo MJ, Alquezar B, Zacarías L. 2006. Cloning and characterization of two 9-cis-epoxycarotene dioxygenase genes, differentially regulated during fruit maturation and under stress conditions, from orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Journal of Experimental Botany*, 57: 633-643.
- Rodríguez M, Arjona AE, Galvis JA. 2006. Maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8-4 a temperatura ambiente en condiciones de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 24 (1): 68-76.
- Rojas-Barquera D. 2009. Determinación de vitamina c, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas en Colombia *Química Nova*, 32 (9): 2336-2340.
- Romani RJ. 1984. Respiration, ethylene, senescence, and homeostasis in an integrated view of postharvest life. *Canadian Journal of Botany*, 62: 2950-2955.
- Rupavatharam S, East AR, Heyes JA. 2015. Re-evaluation of harvest timing in 'Unique' feijoa using 1-MCP and exogenous ethylene treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 99: 152-159.
- Sastry SK. 1985. Moisture losses from perishable commodities: Recent research and developments. *International Journal of Refrigeration*, 8 (6): 343-346.
- Schotsmans WC, Thorp G, Woolf AB. 2011. Feijoa (*Acca sellowiana* [Berg] Burret). En: Yahia EM. (Ed.). *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*. Oxford, U.K: Woodhead Publishing. 115-133.

Sdiri S, Navarro P, Monterde A, Benabda J, Salvador A. 2012. Effect of postharvest degreening followed by cold-quarantine treatment on vitamin C, phenolic compounds and antioxidant activity of early-season citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 65: 13-21.

Seymour G, Tucker JE, Tucker GA. 1993. *Biochemistry of fruit ripening*. London: Chapman and Hall. 173-174.

Sharma A, Sehrawat SK, Singhrot RS, Tele A. 2010. Morphological and Chemical Characterization of *Psidium* Species. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanicy. Cluj-Napoca*, 38 (1): 28-32.

Shimokawa K, Shimada S, Yaeo K. 1978. Ethylene-enhanced chlorophyllase activity during degreening of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Scientia Horticulturae*, 8: 129-135.

Silveira AC, Oyarzún D, Rivas M, Zaccari F. 2016. Evaluación de la calidad poscosecha em frutos de guayabo del país (*Acca sellowiana* (Berg) Burret). *Agrociencia Uruguay*, 20 (2): 14-21.

Silveira AC, Oyarzún D, Zaccari F, Rivas M. 2015. Determinación de algunos atributos de calidad en frutos de guayabo del país [*Acca sellowiana* (Berg) Burret] en diferentes estados de maduración. *Agrociencia Uruguay*, 19 (1): 24-30.

Silveira AC, Aguayo E, Artés F. 2013. The suitability of three Galia melón cultivars and different types of cuts for the fresh-cut industry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93 (15): 3826-3831.

- Singh SP, Pal RK. 2008. Controlled atmosphere storage of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 47 (3): 296-306.
- Solarte ME, Hernández MS, Morales AL, Fernández JP, Melgarejo LM. 2010. Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de guayaba durante la maduración. En: Morales AL, Melgarejo LM. (Eds.). *Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (*Psidium guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva*. Bogotá: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. 85-119.
- Sozzi GO. 2007. Tecnología de postcosecha y su influencia sobre la calidad de los frutos. En: Sozzi GO. (Ed.). *Árboles frutales. Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento*. Buenos Aires: Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 782 p.
- Stoner GD, Seeram NP. 2011. *Berries and cancer prevention*. New York: Springer. 305 p.
- Suárez J, Pérez de Camacaro M, Giménez A. 2009. Efecto de la temperatura y estado de madurez sobre la calidad poscosecha de la fruta de guayaba (*Psidium guajava* L.) procedente de MERCABAR, estado Lara, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9 (1): 60-69.
- Tafolla-Arellano JC, Zheng Y, Sun H, Jiao C, Ruiz-May E, Hernández-Oñate MA, González-León A, Báez-Sañudo R, Fei Z, Domozych D, Rose JKC, Tiznado-Hernández ME. 2017. Transcriptome Analysis of Mango (*Mangifera indica* L.) Fruit Epidermal Peel to Identify Putative Cuticle-Associated Genes. *Scientific Reports*, 7: 46163.

- Teixeira AM, Chaves FC, Franzon RC, Rombaldi CV. 2016. Influence of Genotype and Harvest Season on the Phytochemical Composition of Araçá (*Psidium Cattleianum* Sabine) Fruit. *International Journal of Food Nutrition and Science*, 3 (4): 1-7.
- Thomas P, Janave MT. 1992. Effect of temperature on chlorophyllase activity, chlorophyll degradation and carotenoids of Cavendish bananas during ripening. *International Journal of Food Science + Technology*, 27 (1): 57-63.
- Thorp G, Bialeski R. 2002. Feijoas: origins, cultivars and uses. Auckland, New Zealand: David Bateman Ltd. 88 p.
- Thorp G, Klein JD. 1987. Export feijoas: post-harvest handling and storage techniques to maintain optimum fruit quality. New Zealand. *Orchardist NZ*, 164-166.
- Trebitsh T, Goldschmidt EE, Riov J. 1993. Ethylene induces de novo synthesis of chlorophyllase, a chlorophyll degrading enzyme, in Citrus fruit peel. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of the America*, 90: 9441- 9445.
- Uyabán D, Téllez N. 2009. Características físico-químicas en diferentes partes del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) y de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey). Tesis de grado. Bogotá, Colombia. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. 52 p.
- Valderrama JK, Fischer G, Serrano MS. 2005. Fisiología poscosecha en frutos de dos cultivares de feijoa (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret) sometidos a un tratamiento cuarentenario de frío. *Agronomía Colombiana*, 23 (2): 276-282.

- Velho AC, Amarante CVT, Argenta LC, Steffensl CA. 2011. Influência da temperatura de armazenamento na qualidade pós-colheita de goiabas serranas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33 (1): 14-20.
- Vinci G, Botré F, Mele G. 1995. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation. *Food Chemistry*, 53: 211-214.
- Viñas I, Recasens I, Usall J, Graell J. 2013. Bases bioquímicas y fisiológicas de la maduración. En: Viñas I, Recasens I, Usall J, Graell J. (Eds.). *Poscosecha de pera, manzana y melocotón*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 75-115.
- Weston RJ. 2010. Bioactive products from fruit of the feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae): A review. *Food Chemistry*, 121 (4): 923-926.
- Wills R, McGlasson B, Graham D, Joyce D. 1998. Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Segunda edición. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A. 13-101, 143-166.
- Winkel-Shirley B. 2001. Flavonoid biosynthesis. A colourful model for genetics, biochemistry, cell biology, and biotechnology. *Plant Physiology*, 126: 485-493.
- Zapata S, Dufour JP. 1992. Ascorbic, dehydroascorbic and isoascorbic and simultaneous determinations by reverse phase ion interaction HPLC. *Journal of Food Science*, 57: 506-511.

6. ANEXO

Postharvest and functional behavior of some Feijoa genetic materials¹

M. Urraburu¹, E. Aguayo², R. Zoppolo¹, A. C. Silveira³

¹INIA Las Brujas. Ruta 48, Km 10, Canelones, Uruguay

²Grupo de Postrecolección y Refrigeración. Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 48, 30203, Cartagena, España.

³Poscosecha de Frutas y Hortalizas, Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de La República, Garzón 780, 12300 Montevideo, Uruguay.

Abstract

Feijoa (*Acca sellowiana* (Berg.) Burret) is one of the most popular Uruguayan native trees whose functional characteristics have attracted the interest for commercial cultivation. The aim of this work was to evaluate the postharvest behavior of six genetic materials, identified as 95; 97; 98; 152; 153 and 154 from Facultad de Agronomía and Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA, Uruguay) breeding program. Fruits harvested in two maturity stages (M1: not easily picking; M2: touch picking) were stored 0, 15 and 30 days at 5°C and 95% relative humidity (RH) plus 7 days at 18°C (shelf life). Respiration rate and ethylene emission were measured every 3 days, while flesh firmness, weight loss, total polyphenol and antioxidant capacity were evaluated at the end of storage period and on shelf life. Respiration rate of all the genetic material were around 27.6 mg kg⁻¹ h⁻¹ of CO₂ during the storage period while ethylene emission was maintained below 100 µL kg⁻¹ h⁻¹ without differences among maturity stages and genetic materials. Fruits harvested on M1 showed firmness 40-60% higher than fruits harvested on M2 stage. Genetic material identified as 95 and 98 presented the highest firmness with values of 150.1 and 145.1N (M1), 112.6 and 90.4N (M2) at harvest and 28.8 and 17.4N (M1) and 17.2 and 15.4N (M2) after 30 days at 5°C+ 7 days at 20°C, respectively. Average weight loss at the end of storage (30+7) was 14.7%. Fruits identified as 152 presented the highest polyphenol content with values at harvest of 2,384.5 mg GAE 100g⁻¹ DW (M1) and 2,130,7 mg GAE 100 g⁻¹ DW (M2). At the end of the storage (30+7) totals polyphenol contents decreased between 30-70% on M1 state and between 20-50% on M2. According to the results material 95, 98 and 152 are of production interest due to their firmness and their functional value linked to its composition.

¹ Artículo aceptado para ser publicado en Acta Horticulturae

Keywords: *Acca sellowiana*, firmness, respiration, ethylene, functional quality.

INTRODUCTION

Feijoa (*Acca sellowiana* (Berg) Burret) is a small tree native to northern Uruguay and southern Brazil, with medicinal and ornamental potential. Its fruit is classified as pseudo-fruit and is an oblong berry with ice color pulp, semi-rough or rough skin, sweet-acid flavor and a characteristic and penetrating aroma (Harman, 1987).

Fruits are suitable for fresh consumption, and in addition to its distinctive flavor and aroma, have nutritional characteristics of interest, showing considerable amounts of vitamin C, comparable to the orange and high tenors of iodine (Hoffmann et al., 1994). Additionally are considered a good source of compounds beneficial for health as polyphenols, flavonoids and vitamins (Feippe et al., 2010; Silveira et al., 2015).

The species presents great variability in maturation rates during storage, mainly due to the presence of fruits with different maturity linked to the difficulties in defining the time of harvest (Schotsmans et al., 2011). Fruits are commonly harvested by 'touch-picking' consisting on gently pull the fruit to detach it to the branch. In this stage of maturity, fruits can be stored for 4 weeks at 4 °C and 90% relative humidity (RH) following by 5-7 days at 20 °C, maintaining good quality (Thorp and Klein, 1987). However, Downs et al. (1988), reported that fruit harvested by applying greater force for their removal, are equally attractive to the consumer harvested by 'touch picking', after 4 weeks of storage, suggesting that fruits harvested on 'touch picking' state are ready for consumption but not appropriated for long periods of storage. Therefore it is important harvest moment adjustment in order to ensure quality maintenance during storage and shelf-life period.

The aim of this study was to study the postharvest behavior of two maturity state feijoa fruits from the Uruguayan breeding program, through physical and chemical determinations.

MATERIALS AND METHODS

Six genetic materials from the breeding program of the Facultad de Agronomía (San Antonio, Salto, Uruguay) and the Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA, Las Brujas, Canelones, Uruguay) were selected according to their agronomical characteristics (high productivity and uniform fruit size). Selected materials were identified as 95; 97; 98; 152; 153 and 154. Materials 95, 97 and 98 share the same mother and are half brothers while material 152, 153 and 154 hybrids F1 half brothers.

The fruits were harvested in the state of maturity M2 defined as the state which the fruit is easily removed from the plant (touch picking) and in the state M1 (not easily picking), defined as the state where the fruit have reached their final size but is not easily detached from the plant (Figure 1).



Figure 1. Fruits from the genetic material 154 harvested on M1 (left) and M2 (right) state.

After harvest 10 fruits of uniform size and without physical or pathological defects were placed in plastic clamshell containers and stored for 8, 15 and 30 days at 5°C and 95% RH. After the refrigerated storage, fruits were placed at 20°C during 7 days (shelf life period).

In each evaluation moment the following determinations were made:

Respiration rate and ethylene emission: fruits of known mass were placed in hermetic containers of 500 mL provided with a silicon septum that allowed gas sample extraction. Containers were closed for about 1 h and samples of 10 mL and 1 mL were collected throughout the septum, using a plastic syringe for respiration and ethylene measurement respectively. Determinations were made in triplicate by gas chromatography (Agilent 6820, California, USA). Respiration rate were expressed as $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ while ethylene emission were expressed as $\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$.

Flesh firmness: the force required to compress 2 mm each fruit on two opposite sides of the equatorial plane using a texture analyzer (TA.XT Plus, Godalming, UK).

Weight losses: was determined as the difference between the initial weight (after harvest) and the weight after the storage and/or shelf life period expressed as percentage.

Total polyphenols contents: determined following the methodology described by Falagán et al. (2015) with some modifications.

Statistical analysis: the experimental design was completely randomized. An analysis of variance (ANOVA), with a significance of 5% were performed. When significant difference between treatments occurred, means were compared by Tuckey test ($p \leq 0.05$). Values were analyzed using the statistical program Infostat (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

RESULTS AND DISCUSSION

Respiration rate and ethylene emission

Respiration rate did not show differences among genetic materials and maturity state with values between 20.7 to 30.3 $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ during the storage period (data not shown). According to East et al. (2009) feijoa fruits stored at 4-5°C produced around 20 $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$.

Ethylene emission was stable and no differences between genetic material and maturity state were registered until 20 days of storage with values between 12.4 and 35.3 $\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$.

After 24 days storage at 5 °C, higher ethylene emission was recorded in 95 M1 and M2; 97 M1 and 154 M2 with values between 53.5 and 92 $\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$. These differences were maintained until 30 days of storage (data not shown).

Feijoa fruits are classified as climacteric with an ethylene emission between 0.1-0.4 $\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ (minimum climacteric) and 40-50 $\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ (climacteric peak) at 20 °C, values consider comparatively higher than other climacteric fruit (Seymour et al., 1993).

Flesh firmness

The genetic materials analyzed showed differences where 95 and 98 reached the higher values while 153 and 154 presented the lower flesh firmness on the different evaluated moments. In all of the cases M1 state was between 40 and 60% firmer than M2 (Figures 2 and 3).

Flesh firmness decreased during the storage at 5°C. After 8 days, losses were between 27 and 37% of the initial value. After 15 days between 43 and 50% and after 30 days between 58 and 77% of initial value. This behavior was expected since the firmness loss is inherent to the ripening and it has been attributed to changes and the degradation of cell wall components (Parra-Coronado et al., 2015).

The analysis of the behavior of each material separately did not show differences among firmness values registered in the shelf-life period (8+7; 15+7 y 30+7). Amarante et al. (2013) reported differences on flesh firmness of the commercial guava cultivars Alcântara, Helena, Mattos and Nonante with values between 105 and 37 N.

Firmness loss is one of the most important quality attributes, since it defines the potential of the fruit for the fresh market and/or for processing. Also it helps to determine the postharvest life being an important tool in breeding programs.

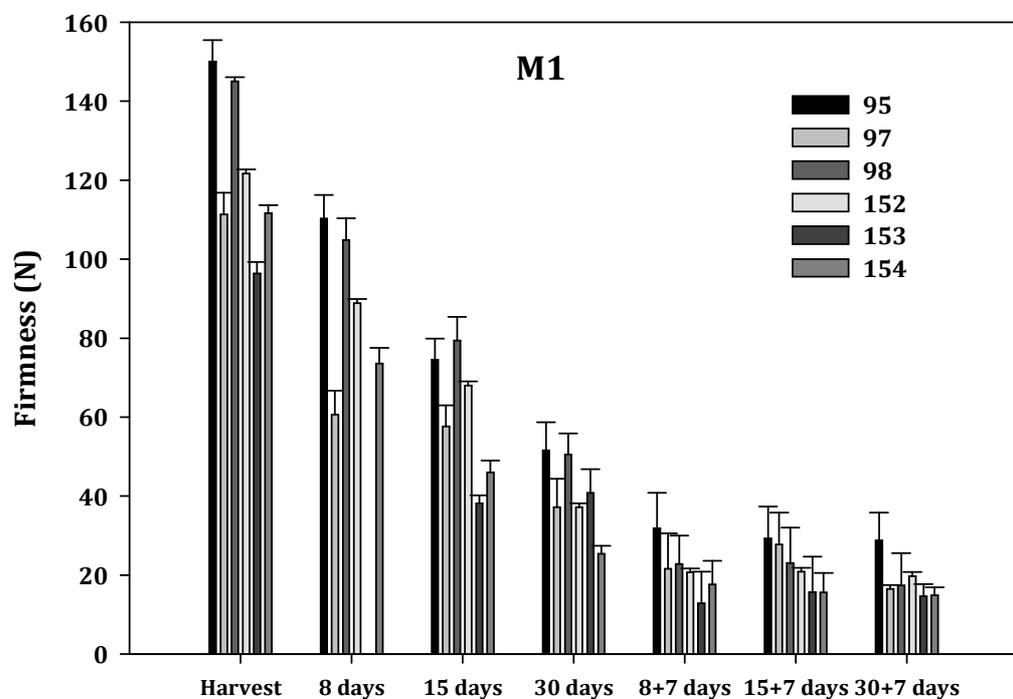


Figure 2- Flesh firmness (N) evolution on different feijoa genetic material harvested on state M1. Values are means (n=10) \pm standard error.

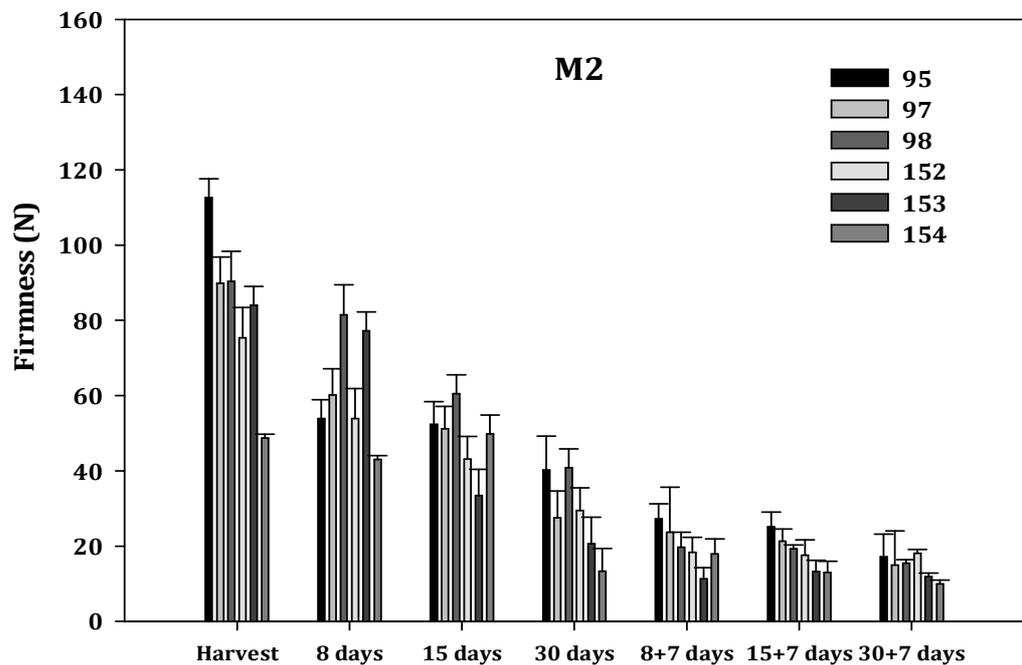


Figure 3- Flesh firmness (N) evolution on different feijoa genetic material harvested on state M2. Values are means (n=10) \pm standard error.

Weight losses

Weight losses increased during the storage with an average of 2.4% after 8 days; 3.2% after 15 days and 7.1% after 30 days (data not shown). However, the highest values were recorded in the shelf-life period with an average of 7% after 8+7 days; 11.2% after 15+7 days and 14.7% after 30+7 days (data not shown). It was not observed a clear effect of the maturity state on weight losses since each genetic material showed a different behavior.

On state M1, 153 presented the higher losses after 30+7 days with a value of 18.4% while on state M2 the higher losses corresponded to 97 (16.6%) and 154 (19.1%) at the same time period.

Total polyphenols contents

Higher total polyphenols contents were observed on 152 both state M1 and M2 (Figures 4 and 5). On maturity state M2 the lower measurements were observed on genetic material 98. In all of the cases M1 state was between 15 and 40% richer in polyphenols.

Total polyphenols were maintained during refrigerated storage but decreases on shelf-life period. After 30 days at 5 °C followed by 7 days at 20 °C, measured values were between 30 and 70% lower on M1 fruits and between 20 and 50% lower on M2 fruits.

Feippe et al. (2010) analyzed 11 genetic materials from and reported total polyphenols contents between 129 and 648 mg GAE 100 g⁻¹ fresh weight. These authors conclude that genotypes and developmental stages introduce significant variability in nutraceutical compounds of feijoa fruits. Also Silveira et al. (2015) reported differences among genetic materials and maturity state both polyphenols and total antioxidant capacity.

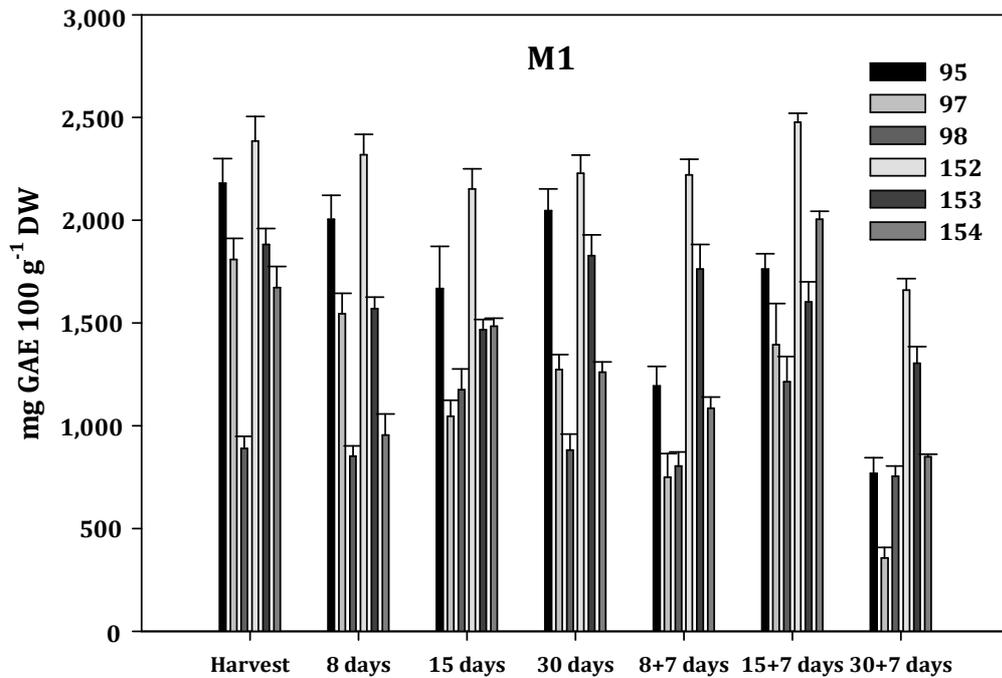


Figure 4- Total polyphenols contents (mg GAE 100 g⁻¹ dw) evolution on different feijoa genetic material harvested on state M1. Values are means (n=3) ± standard error.

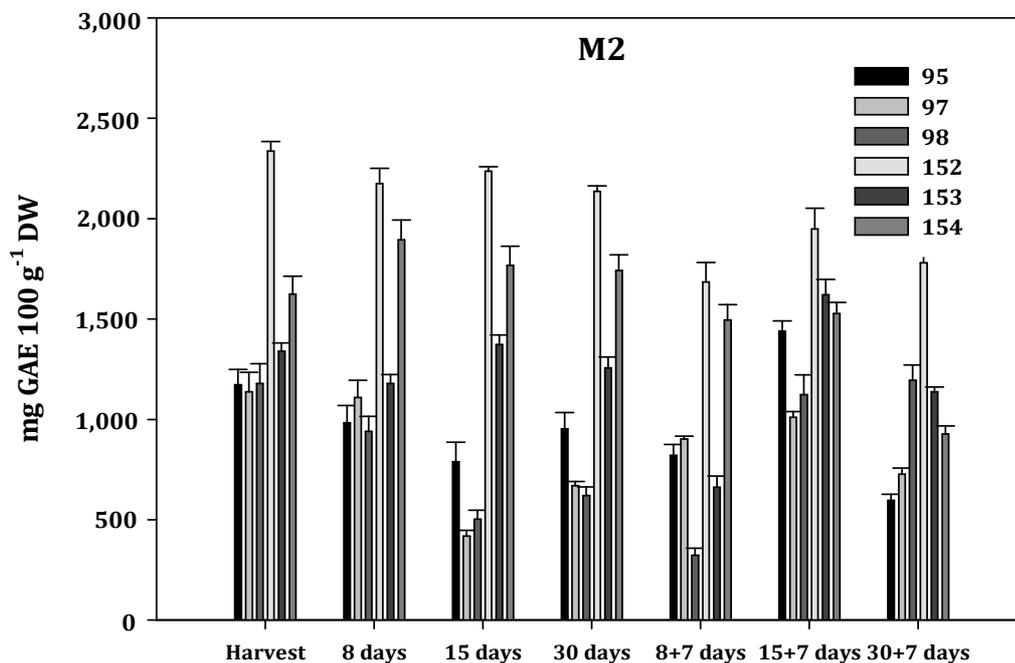


Figure 5- Total polyphenols contents (mg GAE 100 g⁻¹ dw) evolution on different feijoa genetic material harvested on state M2. Values are means (n=3) ± standard error.

CONCLUSIONS

According to the results, genetic materials identified as 95, 98 and 152 presented the best postharvest performance on the evaluated parameters.

Literature Cited

Amarante, C.V.T., Steffens, C.A., Benincá, T., Hackbarth, C., Dos Santos, K. (2013). Qualidade e potencial de conservação pós-colheita dos frutos em cultivares brasileiras de goiabeira-serrana. *Rev. Bras. Frutic.*, 35, 990-999. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452013000400009>

Downs, C., Pickering, A., Reihana, M., O'Donoghue, E., Martin, W. (1988). The relationship between fruit retention force at harvest and quality of feijoa after storage. *Ann. Appl. Biol.*, 113, 197-204. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7348.1988.tb03296.x>

East, A. R., Araya, X. I. T., Hertog, M. L. A. T. M., Nicholson, S. E., Mawson, A. J. (2009). The effect of controlled atmospheres on respiration and rate of quality change in "Unique" feijoa fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 53, 66-71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.02.002>.

Falagán, N., Artés, F., Gómez, P.A., Artés-Hernandez, F., Conejero, W., Aguayo, E. (2015). Deficit irrigation strategies enhance health-promoting compounds through the intensification of specific enzymes in early peaches. *J. Sci. Food Agric.* <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7290>

Feippe, A., Ibáñez, F., Calistro, P., Zoppolo, R., Vignale, B. (2010). Uruguayan native fruits provide antioxidant phytonutrients and potential health benefits. *Acta Hortic.* 918, 443-447. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.918.57>

Harman, J.E. (1987). Feijoa fruit: Growth and chemical composition during development. *N. Z. J. Exp. Agric.*, 15, 209-215. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03015521.1987.10425561>

Hoffmann, A., J.C. Nachtigal, R.A. Kluge e A.B. Bihalva. (1994). Influência da temperatura e do polietileno no armazenamento de frutos de goiabeira serrana (*Feijoa sellowiana* Berg). Sci. Agric., 51(3): 563-568. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161994000300031>

Parra-Coronado, A., Fischer, G., Camacho-Tamayo, J.H. (2015). Development and quality of pineapple guava fruit in two locations with different altitudes in Cundinamarca, Colombia. Bragantia, 74, 359, 366. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0459>

Schotsmans, W.C.; Thorp, G.; Woolf, A.B. (2011). Feijoa (*Acca sellowiana* [Berg] Burret). pp. 115-133. In: Yahia, E.M. (ed.) Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Vol. 3. Woodhead Publishing, Oxford, U.K

Seymour, G.; Tucker, J.E.; Tucker, G.A. (1993). Biochemistry of fruit ripening. Chapman and Hall, London. pp. 173-174.

Silveira, A.C., Oyarzún, D., Zaccari, F., Rivas, M. (2015). Determinación de algunos atributos de calidad en frutos de guayabo del país [*Acca sellowiana* (Berg) Burret] en diferentes estados de maduración. Agrociencia Uruguay, 19, 24-30. <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v19n1/v19n1a03.pdf>

Thorp G, Klein JD. 1987. Export feijoas: post-harvest handling and storage techniques to maintain optimum fruit quality. Orchardist NZ, 164-166.