

ESTUDIO DE POSTCOSECHA DEL ACHACHAIRÚ (*Garcinia spp.*) DURANTE EL ALMACENAMIENTO

por

Marlyn Cotty-Más

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
en
CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2015

Aprobada por:

Martha Laura López-Moreno, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Fernando Pérez-Muñoz, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Rosa N. Chávez-Jáuregui, Ph.D.
Presidenta, Comité Graduado

Fecha

Juan A. Ortiz, Ph.D.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Aixa Rivera-Serrano, M.S.
Coordinadora, Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Fecha

Derechos de Autor Reservados ©

Marlyn Cotty Más

2015

ABSTRACT

Achachairú (*Garcinia* spp.) a subtropical fruit grown in Puerto Rican soils was monitored for quality characteristics during storage. In order to introduce it to the market, a proper characterization of the postharvest quality of the fruit is needed. The objective of this research was to study the physical and physicochemical properties of achachairú during storage at room temperature. Fruits were harvested at mature stage (orange color) on summer (August years 2012 to 2014) from a farm in Las Marías, Puerto Rico. Each year, one hundred fruits were washed, dried, labeled, and classified randomly in five groups of 20 fruits each and stored at ambient conditions (25 ± 2 °C, 75 ± 5 % RH). Physical and chemical properties as well as sugar content (sucrose, fructose and glucose) of each group were analyzed on days 0, 5, 10, 15 and 20 after harvesting. Length, diameter, mass loss, external appearance, firmness, total soluble solids, titratable total acidity, pH, TSS/TTA ratio and reducing sugars were measured. Total sugars were determined and quantified using high performance liquid chromatography with refractive index detection (HPLC-RI). In addition, a consumer panel evaluated the overall acceptability of the achachairú on a 7 point hedonic scale after fifteen storage days. After twenty days of ambient storage, fruits showed a significant reduction in shell length, diameter, thickness and firmness. There was a significant loss of weight (more than 30 % from its initial weight) for the entire fruit during the storage. Achachairú fruit showed increase in °Brix and total sugars concentration was 16.83 % at the end of storage period, while pH did not exhibit any significant variation during storage. Sucrose was the most abundant sugar in the fruit (7.48 g/ 100 g) followed by fructose (3.09 g/ 100 g) and glucose (2.85 g/ 100 g). Average panelist scores for the overall acceptability remained above 6 point scale, showing a good fruit acceptance in long-term storage period at ambient conditions. Quality analysis measured in this work allows to limit the postharvest shelf life of achachairú to fifteen days.

RESUMEN

Achachairú (*Garcinia* spp.) es una fruta subtropical cultivada en suelos de Puerto Rico la cual ha sido monitoreada para caracterizar su calidad durante el almacenamiento. Con el fin de introducirla en el mercado, es necesario una caracterización adecuada de la calidad después de la cosecha de la fruta. El objetivo de esta investigación fue estudiar las propiedades físicas y fisicoquímicas del achachairú para su caracterización durante el almacenamiento a temperatura ambiente. Las frutas fueron cosechadas en su etapa madura (color anaranjado) en verano (Agosto de los años 2012 al 2014) de una finca en Las Marías, Puerto Rico. Cien frutas fueron lavadas, secadas, rotuladas y clasificadas aleatoriamente en cinco grupos de 20 frutas cada uno y almacenadas a condiciones de ambiente (25 ± 2 °C, 75 ± 5 % HR). Las propiedades físicas y químicas así como el contenido de azúcar (sacarosa, fructosa y glucosa) de cada grupo fueron analizadas en los días 0, 5, 10, 15 y 20 luego de la cosecha. La longitud, diámetro, pérdida de masa, apariencia externa, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable total, pH, relación SST/ATT y azúcares reductores fueron medidos. Los azúcares totales fueron determinados y cuantificados utilizando cromatografía de alta resolución con detección de índice de refracción (HPLC-RI). Además, un panel de consumidores evaluó la aceptabilidad general del achachairú en una escala hedónica de 7 puntos después de quince días de almacenamiento. Después de veinte días de almacenamiento a temperatura ambiente, las frutas mostraron una disminución significativa en la longitud, diámetro, grosor y firmeza de la cáscara. Se observó una pérdida de peso (más de un 30 % de su peso inicial) para la fruta entera durante el almacenamiento. El achachairú mostró un incremento en °Brix y la concentración de azúcares totales fue de 16.83 % al final del periodo de almacenamiento, mientras que el pH no mostró alguna variación significativa durante el almacenamiento. La sacarosa fue el azúcar más abundante en la fruta (7.48 g/ 100 g) seguido por la fructosa (3.09 g/ 100 g) y la glucosa (2.85 g/ 100 g). El promedio de las puntuaciones de los panelistas para la aceptabilidad general se mantuvo sobre un puntaje de 6 en la escala de 7 puntos, mostrando una buena aceptación de la fruta en

periodo de almacenamiento a largo plazo en condiciones de ambiente. Los análisis de calidad medidos en este trabajo permitieron limitar la vida útil postcosecha del achachairú a quince días.

DEDICATORIA

A mi Dios Jesús por darme sabiduría, fortaleza y ayuda en mi camino.

A mi madre Migdalia Más, mi mayor inspiración y mejor amiga, gracias por todo tu apoyo incondicional.

A mi familia y amigos que aún en la distancia obtuve su ayuda y apoyo.

A mi isla del encanto Puerto Rico

Con amor Marlyn

AGRADECIMIENTOS

1. A la Dra. Rosa N. Chávez-Jáuregui, por su orientación, colaboración, paciencia y disposición en el desarrollo de mi proyecto de tesis.
2. A mi buena amiga Diana Carolina Coronell Tovar, por su ayuda incondicional y por todas sus recomendaciones, sin ella esto hubiera sido más difícil.
3. A mis amigos Fabrice Marcelin, Juan C. Nieves, Ana Y. Mercedes y Jessica Cuevas gracias por su ayuda en mi proyecto de tesis y por todas sus palabras de aliento en mis momentos difíciles durante la maestría.
4. A mi amiga Yamitza Aponte, por su importante colaboración, guía y enseñanza en los análisis de azúcares envueltos en esta tesis.
5. Al personal del Laboratorio de Control de Calidad de la destilería Bacardí Corporation en San Juan, PR: Rafael González, Norma Rosario, Dafne Rosado, Luz M. Irizarry, Ailsa Bonet y Lymarie Rodríguez, por permitirme utilizar las facilidades, equipos de su laboratorio y por su excelente compañerismo.
6. A mis profesores Dr. Fernando Pérez y Dr. Raúl Macchiavelli por sus recomendaciones en el desarrollo de esta tesis.
7. A Edgar F. Quijía gracias por sus recomendaciones en la tesis.
8. Al Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agrícolas del Recinto Universitario de Mayagüez, por el uso de las facilidades y equipos.
9. Al programa Center for Education and Training in Agriculture and Related Sciences (CETARS/USDA) por otorgarme ayudantía durante mi maestría.

TABLA DE CONTENIDO

ABSTRACT	iii
RESUMEN	iv
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
TABLA DE CONTENIDO	viii
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE GRÁFICAS	xii
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Achachairú (<i>Garcinia</i> spp.).....	4
3.2 Parámetros de Postcosecha.....	8
3.3 Métodos para evaluar calidad según Kader.....	9
3.3.1 Calidad de apariencia (visual).....	9
3.3.2 Calidad de textura.....	11
3.3.3 Calidad en sabor.....	11
3.4 Composición Nutricional.....	13
3.4.1 Minerales.....	14
3.5 Azúcares Totales.....	14
3.6 Factores Postcosecha que influyen en la calidad.....	15
3.7 Operaciones de manejo postcosecha de las frutas.....	16
4. MATERIALES Y MÉTODOS	18
4.1 Obtención de las muestras.....	18
4.2 Diseño experimental.....	18
4.3 Preparación de las muestras.....	18
4.4 Análisis fisicoquímicos de la materia prima.....	19
4.5 Análisis Proximal.....	21
4.6 Análisis de azúcares reductores.....	22
4.7 Análisis de azúcares totales (sacarosa, glucosa y fructosa).....	23
4.7.1 Preparación de estándares externos de calibración.....	23

4.7.2 Preparación de la muestra	24
4.7.3 Cálculos con el método de estándar externo.....	24
4.7.4 Condiciones de detección en HPLC-RI.....	25
4.8 Análisis Sensorial.....	25
4.9 Análisis Estadístico	26
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
5.1 Características físicas del Achachairú a través del tiempo de almacenamiento.....	27
5.1.1 Peso y pérdida de peso	27
5.1.2 Longitud.....	28
5.1.3 Diámetro externo y Grosor	29
5.1.4 Apariencia externa	32
5.1.5 Semillas efectivas y atrofiadas.....	37
5.1.6 Pulpa, cáscara y semilla.....	37
5.2 Características químicas y físicas del Achachairú.....	41
5.2.1 Medidas de pH.....	41
5.2.2 Firmeza.....	42
5.2.3 Sólidos solubles totales (°Brix).....	44
5.2.4 Acidez Titulable Total (% ácido cítrico).....	45
5.2.5 Relación SST/ATT.....	45
5.3 Composición química del Achachairú.....	48
5.3.1 Análisis proximal.....	48
5.4 Azúcares de la pulpa de Achachairú.....	51
5.4.1 Azúcares reductores	51
5.4.2 Azúcares totales, Sacarosa, Glucosa y Fructosa por HPLC.....	52
5.5 Aceptabilidad del Achachairú	60
5.5.1 Análisis sensorial	60
6. CONCLUSIONES	64
7. RECOMENDACIONES	65
8. REFERENCIAS	66
9. APÉNDICES	74
9.1 Hoja de evaluación del panelista en el año 2012.....	74
9.2 Hoja de evaluación del panelista en los años 2013 y 2014.	75
9.3 Carta de exento del Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CPSHI).....	76
9.4 Análisis de varianza en características físicas y químicas del Achachairú.....	77
9.5 Análisis de varianza en azúcares del Achachairú.....	93

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de los valores expresados sobre 100 gramos de pulpa comestible del fruto de Achachairú “Selecto” y el Mangostán	7
Tabla 2. Promedio de las características físicas del Achachairú de los años de cosecha 2012 al 2014 según el tiempo de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR.....	30
Tabla 3. Promedio de pérdida de peso del Achachairú según el tiempo de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR de los años de cosecha 2012 al 2014.....	31
Tabla 4. Promedio de la apariencia externa del Achachairú según el tiempo de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR de los años de cosecha 2012 al 2014.....	33
Tabla 5. Promedio de semillas efectivas y de la pulpa del Achachairú según el tiempo de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR de los años de cosecha 2012 al 2014.....	38
Tabla 6. Promedio del peso de la cáscara del Achachairú según el tiempo de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR de los años de cosecha 2012 al 2014.....	39
Tabla 7. Promedio del pH y de la firmeza del Achachairú según el tiempo de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR de los años de cosecha 2012 al 2014.....	43
Tabla 8. Promedio de las características químicas del Achachairú según el tiempo de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR de los años de cosecha 2012 al 2014.....	47
Tabla 9. Composición química de la pulpa de Achachairú en base húmeda (B.H.) cosechados en los años 2012 al 2014 en el día 0 de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR	49
Tabla 10. Promedio de Azúcares Reductores, Azúcares Totales, Sacarosa, Glucosa y Fructosa del Achachairú cosechado en los años 2013 y 2014 según el tiempo de almacenamiento a 25 °C /75 % HR	53
Tabla 11. Promedio de evaluación de atributos del Achachairú cosechado en los años 2013 y 2014 en los días 0 y 15 de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Achachairú abierto mostrando su pulpa	6
Figura 2. Fruta Achachairú cosechada en Puerto Rico	8
Figura 3. (a) y (b) Achachairú en el día 0 de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (c) y (d) Achachairú después del día 15 de almacenamiento.	31
Figura 4. Cambio de apariencia externa del achachairú de año de cosecha 2012 durante el almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (a) Día 0, (b) Día 5, (c) Día 10, (d) Día 15 y (e) Día 20.	34
Figura 5. Cambio de apariencia externa del achachairú de año de cosecha 2013 durante el almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (a) Día 0, (b) Día 5, (c) Día 10, (d) Día 15 y (e) Día 20.	35
Figura 6. Cambio de apariencia externa del achachairú de año de cosecha 2014 durante el almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (a) Día 0, (b) Día 5, (c) Día 10, (d) Día 15 y (e) Día 20.	36
Figura 7. Semillas de achachairú de Puerto Rico. (A) Semillas efectivas (grandes) y semillas atrofiadas (pequeñas). (B) Achachairú con una semilla efectiva y 2 atrofiadas por dentro	40
Figura 8. Hidrólisis de Sacarosa	55
Figura 9. Cromatograma de la solución estándar con (I) sacarosa, 198.2 mg/ml; (II) D-glucosa, 147.4 mg/ml y (III) D-fructosa, 146.9 mg/ml	56
Figura 10. Cromatogramas de azúcares del achachairú cosechado en el año 2013. (A) día 0, (B) día 5 y (C) día 10 de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (I) sacarosa, (II) D-glucosa y (III) D-fructosa.....	57
Figura 11. Cromatogramas de azúcares del achachairú cosechado en el año 2013. (A) día 15 y (B) día 20 de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (I) sacarosa, (II) D-glucosa y (III) D-fructosa.....	58
Figura 12. Cromatogramas de azúcares del achachairú cosechado en el año 2014. (A) día 0, (B) día 5 y (C) día 10 de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (I) sacarosa, (II) D-glucosa y (III) D-fructosa.....	59
Figura 13. Cromatogramas de azúcares del achachairú cosechado en el año 2014. (A) día 15 y (B) día 20 de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (I) sacarosa, (II) D-glucosa y (III) D-fructosa.....	60

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Precipitación de lluvia anual acumulada de la finca en Las Marías en los años 2012 al 2014	50
---	----

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AN	Aire natural
ANOVA	Análisis de varianza
AM	Atmósfera modificada
ATT	Acidez titulable total
°C	Centígrados
cm	Centímetros
CMC	Carboximetilcelulosa
CV	Coefficiente de Variación
DAA	Días después de antesis
DE	Desviación estándar
DMS	Diferencia Mínima Significativa
EE	Error estándar
eq.	Equivalentes
f.d.	Factor de dilución
g	Gramos
HPLC	Cromatografía Líquida de Alta Resolución
HR	Humedad Relativa
L	Litros
LDPE	Polietileno de baja densidad
% M	Porcentaje de Humedad
mg	Miligramos
min	Minuto
ml	Mililitros
mm	Milímetros
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
N	Newton
NaOH	Hidróxido de sodio
p	Probabilidad
PG	Poligalacturonasa
PME	Pectin metilesterasa
PVC	Cloruro de polivinilo
RID	Detector de índice de refracción
% RSD	Desviación Estándar Relativa
s.f.	Sin fecha
spp.	Especies
SST	Sólidos solubles totales
tr	Tiempo de Retención
µL	Microlitros
µm	Micrómetros
UV	Ultravioleta

1. INTRODUCCIÓN

El hombre en la actualidad ha cambiado sus hábitos sociales y ha tenido nuevas adaptaciones en su dieta con el anhelo de vivir mejor y por más tiempo. Las frutas como mejor representante de los alimentos funcionales además de nutrir pueden promover la salud y hasta prevenir enfermedades. La influencia de sus biocompuestos en el metabolismo humano ha sido estudiada principalmente en las enfermedades cardiovasculares, inflamatorias, intestinales, cáncer, diabetes, hipertensión, obesidad, dolencias reumáticas y Alzheimer. Las sustancias de las frutas protegen las células contra los procesos degenerativos, previniendo infecciones y enfermedades, además proporcionan el mantenimiento de metabolismos respiratorios y compensadores como función antioxidante (Neves, 2012). Los consumidores están conscientes de la calidad nutricional que brindan las frutas frescas a la dieta, ya que son una buena fuente de energía, vitaminas, minerales, fibra dietaria y muchos compuestos bioactivos que mejoran la salud humana (Kader, 1999). La cantidad de frutas requeridas para el consumo diario depende de la edad, sexo, y nivel de actividad física de la persona. Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2015), la cantidad de frutas recomendada para los niños de 2 a 8 años es de 1 a 1 ½ tazas, para las niñas de 9 a 18 años, 1 ½ tazas, para los niños de 9 a 18 años, de 1 ½ a 2 tazas, para las mujeres de 19 a 51+ años, de 2 a 1 ½ tazas y para los hombres de 19 a 51+ años, 2 tazas de frutas.

El achachairú es una fruta subtropical que se puede consumir fresca, partiendo su cáscara y extrayendo su semilla rodeada de pulpa blanca algodonosa con sabor dulce y ligeramente ácido. Nutricionalmente, el achachairú tiene bajo contenido de grasa y de proteína. Esta fruta puede durar una semana a temperatura ambiente para consumo fresco en el mercado y de dos a tres semanas para uso industrial en productos como helados y refrescos (Janick y Paull, 2008). Su pulpa se ha utilizado en jaleas, bebidas, sorbetes y helados. La cáscara del achachairú, al no tener sabor agrio, se utiliza para preparar bebidas y vinos (Lim, 2012). El achachairú se utiliza en Bolivia como medicina debido a sus propiedades curativas, digestivas y laxativas. También se ha utilizado para el tratamiento de gastritis,

reumatismo e inflamación (Barbosa y Artiole, 2007). En adición, Australia tiene una empresa llamada Achacha la cual cultiva el achachairú en el distrito de Queensland y la distribuye dentro del país (IBCE, 2010).

La producción de frutas frescas en los Estados Unidos fue de 650 toneladas (FAOSTAT, 2012a), sin embargo su consumo per cápita fue de 124.5 libras para el mismo año (USDA/ERS, 2014).

En Puerto Rico no existen datos ni estadísticas sobre el achachairú, sin embargo el Departamento de Agricultura de Puerto Rico reportó una producción local de 133,832 toneladas de frutas y un consumo per cápita de 419.85 libras (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2012). En adición, en Puerto Rico en el año 2012 se produjeron 5,650 toneladas de frutas frescas (FAOSTAT, 2012b).

El clima tropical de Puerto Rico es importante para la producción de frutas tropicales y subtropicales, por lo tanto las condiciones climáticas de la isla permiten el desarrollo y la producción óptima del achachairú. Actualmente no existen muchos datos del achachairú, por esta razón es necesario realizar la caracterización de la calidad postcosecha del achachairú y su análisis nutricional para dar a conocer la importancia de esta fruta y hacer posible su comercialización.

Este proyecto de investigación propone estudiar la calidad y caracterización de la fruta achachairú para dar a conocer a los productores, consumidores, al mercado de Puerto Rico y de Estados Unidos, una nueva alternativa para incorporar y producir esta fruta para el consumo y aprovechamiento de la misma.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

El objetivo principal de esta investigación fue estudiar las propiedades físicas y fisicoquímicas del achachairú para su caracterización durante almacenamiento a temperatura ambiente.

2.2 Objetivos específicos

1. Determinar el largo de vida útil del achachairú a temperatura ambiente.
2. Determinar la composición nutricional del achachairú.
3. Determinar el contenido de azúcares totales del achachairú.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Achachairú (*Garcinia* spp.)

El árbol de achachairú normalmente crece en la naturaleza bajo la sombra de otros árboles más altos, y pueden alcanzar una altura de 6 a 12 m cuando crecen a una temperatura de 23 a 25 °C con una precipitación anual de 1,400 a 2,500 mm. El árbol crece en suelos profundos, aluviales, ricos en materia orgánica y con un valor de pH cerca de 7. Los árboles de achachairú pueden crecer en climas fríos pero a menor rapidez. Los frentes fríos causan un gran descenso de flores en los árboles y una producción de frutas de achachairú más pequeñas. Los árboles también pueden crecer en suelos pedregosos con variadas condiciones de fertilidad y drenaje (Janick y Paull, 2008).

Las flores de los árboles de achachairú pueden ser hermafroditas y masculinas a una razón de 200 a 1, sin embargo algunos árboles sólo tienen las masculinas. Las flores hermafroditas nacen en grupos de dos a cinco, tienen cuatro pétalos, un ovario de 3 a 5 mm y miden de 17 a 36 mm de longitud. Por otro lado, Janick y Paull (2008) indican que las flores masculinas miden de 9.5 a 12 mm de longitud y pueden tener un ovario escasamente desarrollado. El florecimiento del árbol ocurre a finales del invierno y el desarrollo de la fruta durante y a finales de la primavera y mayormente durante todo el verano (Noviembre a Febrero en Bolivia). El ovario se transforma en una fruta madura en un periodo de 150 a 160 días según las condiciones del clima.

La producción mundial del achachairú ocurre a una escala pequeña en Bolivia, aunque en los últimos años se ha establecido más plantaciones. Un árbol con quince años de edad puede producir de 2,000 a 3,000 frutas, uno de veinte años de 5,000 a 6,000 frutas de achachairú por año. Según previos estudios los árboles de achachairú con cincuenta años de edad pueden producir hasta 7,000 a 8,000 frutas por año. Una mejor producción del achachairú se logra cuando se cultiva de 8 a 10 m de distancia entre cada árbol y bajo la sombra de otros árboles más altos (Janick y Paull, 2008).

Diferentes especies de la fruta achachairú se encuentran en los países de Bolivia, Guyana, Panamá, Antillas, Dominica, Trinidad, Granada y Haití. También en Australia esta fruta se ha introducido y desarrollado como cosecha comercial (Lim, 2012).

Ardaya (2009) indica que existen 12 tipos de achachairú en el departamento de Santa Cruz en Bolivia, estos han sido clasificados por el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) según su tamaño y peso, en grupos de grandes, medianos y pequeños con el fin de conocer su diversidad morfológica. Los 12 códigos y nombres de cada tipo de achachairú son los siguientes: P1- Achachairucilo, P2- Achachairú pequeño, P3- A. pequeño globoso, P4- Achachairú pequeño, M1- A. mediano de Buena Vista, M2- Achachairú mediano, M3- Achachairú mediano, M4- A. mediano largo, M5- Achachairú mediano, A-O- Achachairú-ocoró, A-SE- Achachairú “Selecto” y A-G- Achachairú grande.

El achachairú (*Garcinia humilis*) “selecto” ó “común” es el más consumido y el de mayor aceptación. El precio de la fruta en el mercado local de Bolivia es de aproximadamente \$6.00 por 100 unidades (0.06 ¢/ fruta) (IBCE, 2010).

Algunos de los sinónimos conocidos del achachairú (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adams) son: *Mammea humilis* Vahl (basionym), *Mammea humilis* var. *macrophylla* Mart., *Mammea humilis* var. *plumier* Griseb., *Mammea humilis* var. *vahlia* Griseb., *Rheedia achachairu* Rusby, *Rheedia lateriflora* L., non Blume, *Rheedia sieberi* Choisy, *Rheedia sessiliflora* Planch. ex Vesque y *Rheedia laterifolia* (L.) Herzog (Lim, 2012; Janick y Paull, 2008). Actualmente pertenece al género *Garcinia* (ex-*Rheedia*) con su pariente más conocido el mangostán (*Garcinia mangostana* L.) considerado como “reina de las frutas” (Lorenzi, Sartori, Bacher y Lacerda, 2006; Da Fonseca, 2012).

El achachairú también se conoce en otros países por los nombres siguientes: Achacha, Shashairu, Pacurí, Ibaguazú, Tiquidea, Bolivian Mangosteen, Hatsland Rheedia, Low Garcinia, Wild Manimee, Abricot, Abricotier De St. Domingue, Bois Chica, Chachairu, Tatairu, Bacupari Boliviano,

Cachicheruqui, Tapacuarai entre otros (Lim, 2012; Da Fonseca, 2012). En Brasil, el achachairú (*Garcinia gardneriana*) es conocido también como Bacupari y Bacopare (Lorenzi *et al.*, 2006).

Janick y Paull (2008) han reportado que la fruta achachairú tiene una cáscara lisa y a la misma vez dura, de 2 mm de grosor. La fruta comienza a crecer con un color verde-azulado, luego cambia a color amarillo-anaranjado y termina con un color anaranjado-rojizo cuando ha madurado completamente. El achachairú tiene una forma ovoide (forma similar al de un huevo), tiene una longitud de 4.0 a 5.2 cm por un diámetro de 3.0 a 4.0 cm. Normalmente sólo se recogen los frutos maduros de acuerdo al color seleccionado, ya que son frutas no-climatéricas. La fruta puede arrugarse y perder firmeza después de haber sido cosechada, pero no se pudrirá rápidamente si se mantiene a condiciones adecuadas de temperatura y humedad y si no ha sufrido algún daño.

El achachairú pesa alrededor de 40 gramos que consisten mayormente en 40 % de pulpa comestible, 47 % de cáscara y 12 % de semillas (Janick y Paull, 2008). En la Figura 1 podemos ver el achachairú mostrando su pulpa blanca algodonosa.



Figura 1. Achachairú abierto mostrando su pulpa (Ardaya, 2009)

El achachairú (*Garcinia humilis*) es una fruta que contiene adentro una pulpa comestible de color blanco con un sabor agridulce. En idioma guaraní el achachairú se conoce con el nombre “beso de miel” por su sabor dulce. Esta fruta se consume en Bolivia en su estado natural (fresco) como fruta silvestre, aunque ya los productores industrializaron la fruta elaborando vinos a partir de su cáscara, y

con su pulpa, mermeladas y helados. Estos productos artesanales son vendidos en la feria anual en el municipio de Porongo en Bolivia (IBCE, 2010).

La Tabla 1 muestra los valores de los macronutrientes y de algunos micronutrientes del achachairú comparados con los de la fruta mangostán la cual es de composición química similar según estudios realizados por el CIAT.

Tabla 1. Comparación de los valores expresados sobre 100 gramos de pulpa comestible del fruto de Achachairú “Selecto” y el Mangostán

Componentes	Achachairú (*)	Mangostán (*)
Calorías	60.0 - 63.5	60 - 63
Humedad (g)	80.1 - 83.97	80.2 - 84.9
Proteína (g)	0.42 - 0.5	0.50 - 0.60
Grasa (g)	0.10 - 0.50	0.1 - 0.6
Total carbohidratos (g)	14.0 - 14.25	14.3 - 15.6
Total azúcares	16.11 - 16.27	16.42 - 16.82
Fibra (g)	0.56 - 1.0	5.0 - 5.1
Ceniza (g)	0.2 - 0.3	0.2 - 0.23
Calcio (mg)	0.2 - 0.21	0.01 - 0.4
Fósforo (mg)	0.4 - 20.84	0.02 - 12.0
Hierro (mg)	0.21 - 0.8	0.20 - 0.80
Tiamina (mg)	0.03	0.03
Vitamina C (mg)	1.1 - 2.4	1.1 - 2.0

Fuente: (*) CIAT, 1995, 2003 y 2004, (Ardaya, 2009)

Una fruta de achachairú normalmente tiene tres semillas siendo sólo una de ellas la efectiva (formada completamente) y las otras dos atrofiadas. Las semillas son poliembriónicas, de color marrón, de forma cilíndrica y de un largo de 3.0-3.4 x 1.5-2.0 cm. La cantidad y tamaño de las semillas de un achachairú, está directamente relacionado al tamaño de la fruta (Janick y Paull, 2008; Ardaya, 2009).

Por otro lado, De Souza *et al.* (2012) indican que la fruta del género *Garcinia* tiene algunas especies que contienen compuestos químicos como benzofenonas y bioflavonoides, los cuales tienen amplia actividad biológica importante para la industria farmacéutica.

El achachairú en Puerto Rico se cosecha sólo en la estación de verano (Junio a Agosto). Puerto Rico es una isla en el Caribe que tiene las características ecológicas adecuadas para la producción del achachairú y que por esta razón ha despertado cierto interés comercial en algunos agricultores locales y el interés de algunos investigadores del Recinto Universitario de Mayagüez (RUM) para estudiar la fruta. En la Figura 2 podemos ver frutas maduras de achachairú cosechadas en Puerto Rico.



Figura 2. Fruta Achachairú cosechada en Puerto Rico (Foto: Marlyn Cotty)

3.2 Parámetros de Postcosecha

La madurez de frutas cosechadas está relacionada con el largo de vida útil y la calidad durante el almacenamiento. La madurez afecta el modo en que las frutas deben ser manejadas, transportadas y comercializadas. Es importante entender la definición y la medida de la madurez en una fruta para propósitos de tecnología postcosecha. Según los tecnólogos postcosechas, un alimento maduro es aquel que ha alcanzado un estado con suficiente desarrollo y con una mínima aceptación por un consumidor final (Reid, 1992).

La maduración de las frutas está ligada a la suavidad en su textura, esta puede ser medida por instrumentos con una sonda de diámetro conocido que miden la fuerza requerida para llegar hasta su

pulpa. De igual forma, en las frutas y vegetales ocurren grandes cambios en su composición química durante su madurez (Reid, 1992).

Por ejemplo, en la fruta mangostán se han identificado los siguientes defectos físicos: cicatrices, raspaduras, contaminación con látex en la superficie de la fruta y el endurecimiento de la cáscara, como las principales causas para obtener una baja calidad de la fruta mangostán. Dichos defectos, son los principales problemas que han limitado la exportación de la fruta desde Indonesia. Según las observaciones tomadas de campos de cultivos, las cicatrices en la cáscara de la fruta surgen debido a que el árbol crece en áreas de tierras llanas menores de 300 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) (Utama, Mahendra, Gunadnya y Janes, 2001).

Los daños (cicatrices) en la cáscara de la fruta mangostán pueden ocurrir durante el crecimiento y desarrollo de ésta, aún cuando la fruta está en el árbol. Las cicatrices en la cáscara de la fruta surgen mayormente debido a la exposición del calor intenso de la luz solar durante su crecimiento. El impacto físico en la fruta produce un mayor endurecimiento en su cáscara que el normal. Otra de las causas que puede causar daño a la cáscara de las frutas es el uso de algunas herramientas durante su cosecha (Utama *et al.*, 2001).

3.3 Métodos para evaluar calidad según Kader

Los métodos para evaluar calidad pueden ser destructivos o no-destructivos, también pueden tener escalas objetivas si están basados en las medidas de instrumentos, o escalas subjetivas según el juicio humano (escalas hedónicas) (Kader, 1992).

3.3.1 Calidad de apariencia (visual)

- a. Tamaño: El tamaño se puede obtener midiendo las dimensiones utilizando un calibre de anillas para fruta y calibrador o Vernier. El peso tiene una buena relación recíproca con el tamaño. El tamaño también se puede expresar como número de unidades del alimento por unidad de peso. El volumen del alimento se puede determinar por el desplazamiento del agua, o por el cálculo utilizando las medidas de las dimensiones (Kader, 1992).

b. Forma: Es la razón de las dimensiones, como la razón de profundidad del diámetro, el cual es utilizado como un índice de forma en las frutas. Existen diagramas y modelos de forma como ayuda visual para los inspectores de calidad (Kader, 1992).

c. Color:

Uniformidad e intensidad: son cualidades de aspecto importante (Kader, 1992).

Pareo visual: se utilizan guías de gráficas de color y diccionarios que describan el color de las frutas y vegetales (Kader, 1992).

Medidor de reflectancia de luz: mide el color en base a la cantidad de luz reflejada desde la superficie del alimento (colorímetro, reflectómetro-medidor de reflectancia y/o espectrofotómetro) (Kader, 2011).

Medidor de transmisión de luz: mide la luz transmitida a través del alimento, además puede determinar el color interno y varios desórdenes (por ejemplo el corazón acuoso de la manzana) (Kader, 2011).

Medición de emisión de luz dilatada: está relacionada con la cantidad de clorofila en los tejidos vegetales y puede ser utilizada para determinar el color según el estado de madurez (Kader, 2011).

Determinación del contenido de pigmentos: evalúa el color de los productos hortofrutícolas por su contenido de pigmentos como: clorofilas, carotenoides (caroteno, licopeno, xantofilas) y flavonoides (antocianinas) (Kader, 2011).

d. Brillo (ceroso, acabado): Las plaquetas de cera envuelven la cantidad, estructura, y el arreglo sobre la superficie de la fruta las cuales afectan la calidad de brillo. Estas se pueden medir con un medidor de brillo o por evaluación visual (Kader, 2011).

e. Presencia de defectos (externos e internos): La incidencia y severidad de los defectos se evalúa utilizando un sistema de calificación de 5 grados (1 = no hay síntomas, 2 = leve, 3 = moderado, 4 = severo y 5 = extremo) o una escala hedónica de 7 o 9 puntos según se requiera. Se puede

utilizar las descripciones detalladas y las fotografías como guías para calificar el defecto dado, y reducir la variabilidad entre los evaluadores. Los defectos internos pueden ser evaluados por técnicas no destructivas como la transmisión de luz y características de absorción del producto, por técnicas de sonicación y de vibración asociadas con la densidad de masa y elasticidad del material por transmisión de rayos X y por imagen de resonancia magnética nuclear (Kader, 2011).

3.3.2 Calidad de textura

- a. Calidad de firmeza y suavidad: La fuerza de penetración de un alimento se puede determinar con penetrómetros manuales (probador de presión Magness-Taylor y el penetrómetro Effegi). El tamaño de la sonda o puntal depende del fruto (de 3 a 11 mm). En el laboratorio también se puede medir la firmeza de los frutos mediante la medición de la fuerza de penetración utilizando una máquina de pruebas universales Instron o un sistema de pruebas de textura o midiendo la deformación del fruto utilizando un medidor de deformación (Kader, 2011).
- b. Fibrosidad y dureza: La fuerza de cizalla se determina utilizando un sistema de Instron y el Sistema de Análisis de Textura. La resistencia al corte se determina con un fibrómetro. En análisis químicos se puede determinar el contenido de fibra o de ligninas (Kader, 2011).
- c. Suculencia y jugosidad: La medida del contenido de agua es un indicador de succulencia o turgencia. La medida de jugo extraíble es un indicador de jugosidad (Kader, 2011).
- d. Cualidades sensoriales de textura: Los procedimientos de evaluación sensorial evalúan características como la arenosidad, textura crujiente, harinosidad, gomosidad y consistencia oleosa o aceitosa (Kader, 2011).

3.3.3 Calidad en sabor

- a. Dulzor: El contenido de azúcares en la fruta se puede determinar por análisis químicos para azúcares totales, azúcares reductores o azúcares individuales. El contenido de sólidos solubles totales (SST) o °Brix de una fruta se miden utilizando un refractómetro o un hidrómetro, este

valor puede ser un indicador del dulzor de la fruta ya que los azúcares son el mayor componente de los sólidos solubles (Kader, 2011).

- b. **Agrio (acidez):** La medida de pH (concentración de iones de hidrógenos) del jugo de la fruta es determinado utilizando un metro de pH o un papel indicador de pH. La acidez titulable total (ATT) es otro método para determinar la acidez. Este método determina la acidez por la titulación de un volumen específico del jugo con una solución de NaOH 0.1N a un pH de 8.1, se calcula la acidez titulable como ácido cítrico, málico, o tartárico (dependiendo del alimento) (Kader, 2011).
- c. **Salado:** Generalmente no se aplica a frutas y vegetales frescos (Kader, 2011).
- d. **Astringencia:** Es determinado por pruebas de sabor o por la medición del contenido, solubilidad y el grado de polimerización de taninos (Kader, 2011).
- e. **Amargor:** Se determina por pruebas de sabor o midiendo el contenido de alcaloides o glucósidos, compuestos responsables por el sabor amargo (Kader, 2011).
- f. **Aroma (olor):** Se determina utilizando paneles de jueces para la evaluación sensorial en combinación con la identificación de componentes volátiles responsables del aroma específico de un producto (utilizando cromatografía de gases - espectrometría de masa) (Kader, 2011).
- g. **Evaluación sensorial:**
 - Jueces humanos:* juzgan y miden características sensoriales combinadas de un alimento, como por ejemplo: dulzor, acidez, astringencia, amargor, intensidad de aroma en general (Kader, 2011).
 - Paneles de laboratorio:* detectan y describen las diferencias que encuentran entre las muestras (Kader, 2011).
 - Paneles de consumidores:* indican las preferencias de calidad (Kader, 2011).

3.4 Composición Nutricional

Las frutas y sus productos procesados, son fuentes importantes de nutrientes como: vitaminas, minerales, fibra dietaria, compuestos fitoquímicos (Salunkhe y Kadam, 1995; Sidhu y Al-Zenki, 2006), carbohidratos complejos y proteínas. Además, son una buena fuente de los minerales: calcio, fósforo, hierro y magnesio. La mayor cantidad de vitamina C en nuestra dieta se debe a la aportación que hacen las frutas. Las frutas de color verde, amarillo y anaranjado son ricas en β -caroteno (provitamina A). Una porción de los carbohidratos complejos que sirve como fibra dietaria en nuestra dieta, está presente como celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas y ligninas en las frutas. En adición, Hollingsworth (2001) y Sidhu y Al-Zenki (2006) han indicado que los polifenoles, antocianinas y los constituyentes de los compuestos fitoquímicos tienen función en contra de enfermedades cardiovasculares y de ciertos tipos de cáncer.

La mayoría de las frutas frescas están constituidas por aproximadamente un 80 % de agua, aunque frutas como las manzanas y las naranjas pueden tener más de un 90 % (Salunkhe, Bolin y Reddy, 1991; Sidhu y Al-Zenki, 2006). En cuanto al contenido de proteínas, las frutas tienen menos de 1 %, con excepción de algunas nueces que pueden tener aproximadamente un 20 %. El 1 % de proteína, mayormente está constituido por enzimas que catalizan varios procesos metabólicos envueltos en la madurez y senescencia de las frutas. La mayoría de las frutas frescas tienen bajo contenido de lípidos (0.1 - 0.2 %) con excepción de los aguacates, nueces y aceitunas (Hui, 2006).

En adición, Selvaraj, Pal, Diwakar, Purohit y Shikhamany (1978) y Sidhu y Al-Zenki (2006) indican que los ácidos orgánicos que abundan más en la mayoría de las frutas son el ácido málico y el cítrico. También otras frutas como las uvas y el kiwi contienen ácido tartárico y quínico respectivamente. Dichos ácidos además de contribuir en la acidez de muchas frutas frescas, pueden convertirse en azúcares durante el proceso de madurez.

3.4.1 Minerales

Según el estudio de Da Fonseca (2012), el contenido de minerales del achachairú “*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam” de Brasil fue de 17.80 mg de sodio, 87.00 mg de potasio, 0.05 mg de calcio, 21.52 mg de fósforo y 2.43 mg de hierro para 100 g de pulpa. Además, el potasio fue el mineral y/o micronutriente más abundante encontrado en la cáscara, pulpa y semilla de la fruta, con valores de 194.90 mg, 87.00 mg y 243.34 mg, respectivamente.

En comparación, el achachairú “selecto” de Bolivia obtuvo valores superiores de calcio con un contenido de 0.2 a 0.21 mg, valores cercanos de fósforo de 0.4 a 20.84 mg y valores inferiores de hierro de 0.21 a 0.8 mg para 100 g de pulpa (Ardaya, 2009).

3.5 Azúcares Totales

Los carbohidratos son el componente principal de las plantas. Estos proveen energía y están envueltos en la síntesis biológica de otros constituyentes en el cuerpo humano (Smolin y Grosvenor, 2008). La mayoría de los alimentos tienen dos tipos de carbohidratos, los carbohidratos simples (azúcares) y los carbohidratos complejos (Paul, Elaine y Don, 2002). Los azúcares que mayormente contienen las frutas son: fructosa, glucosa y sacarosa. La fructosa se encuentra en todas las frutas como un azúcar reductor libre. La sacarosa ocurre en la mayoría del reino vegetal. Sin embargo, la glucosa es producida durante la fotosíntesis (Lee, Shallenberger y Vittum, 1970).

Existen varios métodos para determinar los azúcares en frutas tales como la espectrofotometría (Blakeney y Mutton, 1980), electroforesis capilar (Klockow, Paulus, Figueiredo, Amadó y Widmer, 1994), cromatografía de gas (GC) (Yoon, Kim y Lee, 1997) y la más utilizada cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) (Shaffiq, Sidik, Harah y Devi, 2013; Salman, Alghamdi, Bazaid y Abdel-Hameed, 2011; Hernández, Martínez y Fernández-Trujillo, 2007).

Los carbohidratos en general no absorben luz UV, por lo tanto, para la detección de mono y disacáridos es necesario utilizar un detector de índice de refracción (RID) en el equipo HPLC. Los

monosacáridos son uno de los parámetros más importantes para la valoración de la calidad comercial de las frutas para consumo y para uso industrial (Salman *et al.*, 2011).

En un estudio de la composición de azúcares en jugos de manzana Wosiacki, Nogueira, Denardi y Vieira (2007) afirman que la concentración de azúcar y los SST simbolizan una buena herramienta para definir el grado de madurez de una manzana. Los valores altos de azúcares reductores son deseables tanto para el consumo al natural como para la fermentación de jugos y pueden ser medidos fácilmente como sólidos solubles totales (SST).

3.6 Factores Postcosecha que influyen en la calidad

Los cambios que ocurren en los alimentos luego de cosecharlos (postcosecha) son importantes para obtener el grado de calidad deseado para el consumo. La mayor preocupación es la prevención del deterioro de calidad presente en el alimento. La pérdida de calidad en un alimento puede ocurrir por factores metabólicos, transpiración, daño mecánico y por la presencia de microorganismos (Wills, Lee, Graham, McGlasson y Hall, 1982).

Wills *et al.* (1982) indican que el daño mecánico disminuye la calidad visual del alimento a través de marcas y heridas que llevan a un aumento en su metabolismo y transpiración para intentar cerrar sus tejidos dañados. Dicho tipo de daño, obtenido durante la cosecha y operaciones de manejo posteriores, pueden producir defectos en el alimento y facilitar el ataque de microorganismos que causan enfermedades. Es necesario clasificar y descartar alimentos inmaduros, sobremaduros, de tamaño insuficiente, deformes y manchados para evitar problemas durante su comercialización.

La transportación y manejo de los alimentos de manera ruda, los perjudica por acción mecánica. También, los alimentos deben estar protegidos del sol para evitar quemaduras de sol y pérdida de agua severa. El embalaje inadecuado para el alimento puede causarle daño físico ya que éste se puede mover en el transporte. El atraso en almacenar en fresco a los alimentos cosechados, mayormente ocasiona un rápido deterioro en calidad. Asimismo, el poco control e inadecuadas condiciones de almacenamiento para un alimento en específico, puede dar un producto de baja calidad. El almacenamiento de un

alimento en temperaturas muy bajas, puede inducir desórdenes fisiológicos o heridas por frío. Además, las condiciones de alta humedad favorecen el crecimiento microbiano, principalmente en alimentos con previos daños (Wills *et al.*, 1982).

3.7 Operaciones de manejo postcosecha de las frutas

Las operaciones de manejo postcosecha son una serie de actividades integradas y consecutivas que se realizan a la fruta cosechada con el propósito de mantener la calidad y así lograr la satisfacción del cliente (Zapata y Rico, s.f.). Las operaciones básicas de manejo postcosecha son las siguientes:

1. Selección

Separar los productos malos que presentan defectos como por ejemplo: frutos partidos, podridos, deformes, magullados, con ataques de insectos o patógenos, etc. (Zapata y Rico, s.f.)

2. Limpieza

Eliminar de la fruta todo tipo de material extraño o diferente el cual puede ser: arena, grasa, hojas, semillas, cáscaras, huevos de insectos, residuos de aspersión (riego), ataques de bacteria, hongos, etc. (Zapata y Rico, s.f.). El lavado se puede utilizar agua sola o con agentes de limpieza (Ej. 100-150 ppm de cloro) para limpiar la fruta, y el último lavado debe ser con agua fresca y limpia. (Kader y Barrett, 2004).

3. Secado

Secar cuidadosamente la fruta para eliminar el exceso de agua utilizando ventiladores de alta velocidad. Dicho paso debe ser realizado luego de haber removido con agua fresca todos los agentes limpiadores utilizados durante la limpieza del producto (Zapata y Rico, s.f.).

4. Clasificación

Separar los productos según propiedades seleccionadas por el comprador o consumidor, como por ejemplo: grado de madurez, tamaño, peso, forma, etc. (Zapata y Rico, s.f.). Normalmente se utiliza la clasificación manual para eliminar las frutas en descomposición y con algún defecto. También existen

los clasificadores mecánicos, los cuales trabajan en base al color, sólidos solubles, humedad o contenido de grasa (Kader y Barrett, 2004).

5. *Empaque*

Colocar en un recipiente que permita manejar la fruta con eficiencia. El recipiente debe ser: práctico, que proteja, resistente, impermeable y ventilado. Los empaques protegen la fruta de daños físicos, protegen su calidad y reducen las pérdidas (Zapata y Rico, s.f.).

6. *Almacenamiento*

Almacenar cuando no hay un comprador inmediato o no hay disponibilidad inmediata de transporte. El almacenamiento a corto plazo, por lo general se hace en las fincas a las condiciones climáticas de la región; y el de largo plazo consiste en la refrigeración para reducir la velocidad de respiración del producto a un rango de temperatura que no le cause daño por frío (Zapata y Rico, s.f.). Las frutas frescas pueden requerir el almacenamiento a corto o largo plazo antes del procesamiento para regular el flujo del producto y alargar la temporada de procesamiento. La humedad relativa en las instalaciones de almacenamiento debe mantenerse entre 90 a 95 % (Kader y Barrett, 2004).

7. *Transporte*

Llevar el producto desde el productor hasta el consumidor final. El transporte debe tener buena ventilación, proteger al producto de la exposición solar y debe ser el apropiado para el producto (Zapata y Rico, s.f.).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Obtención de las muestras

Las frutas de achachairú cosechadas en Puerto Rico (*Garcinia* spp.) se obtuvieron de una finca en Las Marías, Puerto Rico y se transportaron al Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agrícolas del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico. Se seleccionaron las frutas en su etapa madura (color anaranjado). Estas fueron lavadas con agua potable para remover la suciedad, secadas, clasificadas y divididas en grupos.

4.2 Diseño experimental

Se realizó un experimento factorial 3 x 5 (año x tiempo) el cual consistió en 3 años de cosecha (años 2012, 2013 y 2014) y 5 tiempos de almacenamiento (días 0, 5, 10, 15 y 20). Se determinó la interacción entre el año de cosecha y tiempo de almacenamiento sobre las variables de calidad de la fruta, con excepción de las variables del análisis proximal las cuales se evaluaron en un diseño completamente aleatorizado.

4.3 Preparación de las muestras

Las frutas de achachairú identificadas por un número se clasificaron al azar en cinco grupos de 20 frutas por caja y se almacenaron a temperatura ambiente de 25 ± 2 °C (75 ± 5 % HR) hasta que se cumplió el tiempo de almacenamiento específico (0, 5, 10, 15 y 20 días) para realizar las pruebas. Se realizaron las pruebas físicas en cada uno de los cinco grupos de frutas almacenadas (a 0, 5, 10, 15 y 20 días). La pulpa fue extraída manualmente de las frutas en cada grupo y tiempo de almacenamiento con la ayuda de cuchillo y cuchara, y éstas fueron divididas en tres lotes iguales, donde cada lote representó una repetición. Las pulpas fueron acondicionadas en bolsas plásticas, homogenizadas y congeladas a -20 °C y las cuales permanecieron almacenadas a la temperatura de -20 °C hasta el inicio de los análisis químicos.

4.4 Análisis fisicoquímicos de la materia prima

Los análisis físicos se realizaron a cada fruta de forma individual durante la primera semana de postcosecha. Para los análisis químicos se utilizó una mezcla de pulpas de achachairú del mismo tiempo de almacenamiento (congeladas a -20 °C). Para los análisis de pH, acidez titulable y azúcares reductores se preparó una mezcla de pulpas de tres frutas y una de diez frutas para el análisis proximal.

- *Apariencia externa e interna*: Se analizó visualmente la apariencia externa (cáscara) e interna (pulpa) de cada fruta y se reportó cualquier mancha, magullado, laceración, arrugas y cambio de color de cada achachairú. La evaluación se determinó por dos evaluadores debidamente adiestrados, los cuales establecieron los parámetros del tamaño y número de manchas, arrugas, laceraciones y magullados. Además, se tomaron fotografías de cada fruto para corroborar los parámetros establecidos y utilizar la escala según Fontenele (2007). Las puntuaciones para describir la apariencia fueron: 0 = ausencia de síntomas de oscurecimiento, 1 = pocas manchas oscuras, 2 = surgimiento de manchas oscuras y arrugas leves, 3 = surgimiento de manchas oscuras y arrugas severas y 4 = fruta completamente oscura y arrugada.
- *Peso*: El peso de cada fruta se tomó en unidades de gramos (g) utilizando una balanza analítica Sartorius Element modelo ELT601 (Sartorius AG, Goettingen, Germany) de 0.1 g de precisión. Se tomaron los pesos de la fruta entera, pulpa, cáscara y semillas. Se reportó el número de semillas efectivas (grandes) y de las atrofiadas (pequeñas) de cada fruta individual (Cavalcante, Jesus y Martins, 2006).
- *Pérdida de peso*: La pérdida de peso se determinó utilizando una balanza analítica Sartorius Element modelo ELT601 (Sartorius AG, Goettingen, Germany) de 0.1 g de precisión, y calculando la diferencia entre el peso de la fruta fresca en relación con su peso inicial, expresado en porcentaje.

- *Longitud*: La longitud se midió desde la parte superior hasta la parte inferior de la fruta utilizando un calibrador digital Vernier (Mitutoyo Corp., Kawasaki, Japan) en unidades de milímetros (mm) con una precisión de 0.01 mm (Cavalcante *et al.*, 2006).
- *Diámetro externo*: El diámetro externo se midió en la zona ecuatorial de la fruta utilizando un calibrador digital Vernier (Mitutoyo Corp., Kawasaki, Japan) en unidades de milímetros (mm) con una precisión de 0.01 mm (Da Fonseca, 2012).
- *Grosor*: El grosor de la cáscara de la fruta se determinó promediando cuatro medidas tomadas entre los polos y la zona ecuatorial de la cáscara utilizando un calibrador digital Vernier (Mitutoyo Corp., Kawasaki, Japan) en unidades de milímetros (mm) con una precisión de 0.01 mm (Da Fonseca, 2012).
- *Firmeza*: La determinación de firmeza de las frutas en los días 0, 5, 10, 15 y 20 fue realizada utilizando el texturómetro TA.XT2 Texture Analyzer (Texture Technologies Corp., Hamilton, MA/Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) de puntal cónico de acero inoxidable de 2 mm, midiendo la fuerza necesaria para poder penetrar la cáscara reportado en unidades de Newtons (N).
- *°Brix ó sólidos solubles totales (SST)*: Los sólidos solubles totales del extracto de las frutas se determinaron utilizando un refractómetro digital (Pocket Refractometer, ATAGO Co. Ltd., Tokyo, Japan) y se reportaron en °Brix \pm 0.2 % siguiendo el método oficial 932.14C de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists) International para frutas (AOAC Int. y Horwitz, 2000).
- *pH*: El pH de la muestra se determinó con un potenciómetro digital Docu-pH Meter (Sartorius Corp., Bohemia, New York, USA) por inmersión directa del electrodo previamente estandarizado con soluciones amortiguadoras de pH 4.00, 7.00 y 10.00 (Fischer Scientific, USA). Se preparó una mezcla de 0.5 g de pulpas con 4.0 ml de agua destilada y se tomaron las

medidas de pH por triplicado a 25 ± 2 °C siguiendo el método oficial AOAC 981.12 (AOAC Int. y Horwitz, 2000).

- *Acidez titulable (AT)*: Se preparará una mezcla de 2.5 g de pulpas con 12.5 ml de agua destilada, se filtró al vacío y se tituló cada muestra por triplicado utilizando una solución de NaOH 0.1N previamente estandarizada y una solución de 1 % de fenolftaleína como el indicador. La acidez titulable total se expresó como gramos de ácido cítrico/100 ml de jugo de achachairú y se calculó según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{(V_{\text{muestra}} - V_{\text{blanco}}) \times N_{\text{NaOH}} (\text{eq.g/L}) \times 64.041 \text{ g/eq.g}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

V_{muestra} es el volumen del titulante consumido por la muestra en unidades de litros (L), V_{blanco} es el volumen del titulante consumido por el blanco (L), N_{NaOH} es la normalidad de la solución estandarizada de NaOH 0.1N y 64.041 g/eq.g es el peso equivalente del ácido cítrico para expresar la acidez total en términos de ácido cítrico siguiendo el método oficial AOAC 942.15 (AOAC Int. y Horwitz, 2000) para frutas.

4.5 Análisis Proximal

La composición de la materia prima (pulpa del achachairú) en el tiempo cero de almacenamiento se determinó de acuerdo a los métodos oficiales descritos por la AOAC Internacional y por la AOCS (American Oil Chemists' Society) para los siguientes análisis: humedad AOAC 925.45A (AOAC Int. y Horwitz, 2000), cenizas AOAC 923.03 (AOAC Int. y Horwitz, 2000), proteína método de Micro-Kjeldahl AOAC 991.20 (AOAC Int. y Horwitz, 2000) (factor de conversión = 6.25, AOAC 920.152 en AOAC Int. y Horwitz, 2000), fibra cruda método oficial Ba 6a-05 (AOCS, 2006 de Ankom Technologies) y grasa cruda método oficial Am 5-04 (AOCS, 2004 de Ankom Technologies). Los carbohidratos disponibles se determinaron por diferencia de porcentajes. Se restó la suma de los

porcentajes de humedad, cenizas, proteína, fibra y grasa a 100 % para obtener el porcentaje de carbohidratos disponibles (Ensminger, Ensminger, Konlande y Robson, 1993).

Los resultados de los análisis de proteína, cenizas, grasa y fibra fueron corregidos por el porcentaje de compuestos volátiles perdidos en el secado de la muestra. Se pesaron 2.00 g de muestra seca de achachairú en un platillo de aluminio y se utilizó una balanza de humedad modelo MA35 (Sartorius, Goettingen, Germany) a 120 °C de temperatura. El resultado de porcentaje de humedad (% M) dado por la balanza, es equivalente al porcentaje de compuestos volátiles perdidos en la muestra seca. El análisis se realizó en triplicado para cada muestra.

$$\%Componente(B.H.) = \%Componente(B.S.) \times \frac{100 - M1}{100} \times \frac{100 - M2}{100}$$

B.H. es base húmeda, B.S. es base seca, M1 es la humedad determinada en la balanza de humedad y M2 es la humedad inicial de la muestra.

4.6 Análisis de azúcares reductores

Se preparó una muestra de 2.5 g de pulpas de achachairú en un matraz volumétrico de 50 ml o de 100 ml según la concentración de azúcares de la fruta, se llevó al volumen correspondiente con agua destilada y se filtró al vacío con papel Whatman # 4. La titulación se realizó por triplicado a cada muestra siguiendo el método de Lane-Eynon en unión con el método gradual AOAC 923.09C para la concentración de azúcar desconocida en la muestra (AOAC Int. y Horwitz, 2000). A 10 ml de la solución Fehling compuesta por la solución de cobre y la solución alcalina (Ricca Chemical Company, Batesville, IN, USA) se le añadieron 15 ml de solución de la muestra y se siguió el método utilizando una solución de azul de metileno 1 % como indicador hasta obtener un color anaranjado en la muestra. El porcentaje de azúcares reductores en la muestra se calculó utilizando la tabla AOAC 930.44 (AOAC Int. y Horwitz, 2000) y la siguiente ecuación:

% Azúcares Reductores =

$$\frac{(\text{Mg. de azúcar invertido} \times V_{\text{muestra}} \text{ en ml.} \times \text{f.d./1000/Peso de la muestra en g.}) \times 100}{(\text{Volumen total de la muestra titulado en ml.})}$$

V_{muestra} es el volumen final de la muestra en unidades de mililitros (ml) y f. d. es el factor de dilución, siempre y cuando sea necesario diluir la muestra.

4.7 Análisis de azúcares totales (sacarosa, glucosa y fructosa)

La identificación y cuantificación de los azúcares de la pulpa de achachairú se determinaron siguiendo el protocolo de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) de Salman *et al.* (2011) con algunas modificaciones utilizadas en el laboratorio de control de calidad de la destilería Bacardí Corporation en San Juan, Puerto Rico en donde se realizó este análisis. Se utilizó un HPLC con una bomba cuaternaria, un muestreador automático, un detector de índice de refracción (RID) modelos 1100 y un modulador de temperatura de columna (TCC) modelo 1200, ambos de Agilent Technologies (Waldbronn, Germany).

4.7.1 Preparación de estándares externos de calibración

Se preparó una mezcla con los siguientes estándares: Sacarosa (BioUltra, ≥ 99.5 % HPLC grade, Sigma-Aldrich, Co. St. Louis, MO, USA), Glucosa (BioUltra, ≥ 99.5 % HPLC grade, Sigma-Aldrich, Co. St. Louis, MO, USA) y Fructosa (≥ 99 %, Sigma-Aldrich, Co. St. Louis, MO, USA). Se pesaron 2.0 g de Sacarosa, 1.5 g de Glucosa y 1.5 g de Fructosa y se transfirieron cuantitativamente a un matraz volumétrico de 100 mL. Se procedió a diluir la solución de estándares con agua destilada (grado HPLC, Fisher Scientific, Fair Lawn, NJ, USA), se desgasificó en un sonicador Branson 5510 (Branson Ultrasonics, Danbury, CT, USA) por 15 minutos y se transfirió a un baño de agua (Boekel Scientific, Feasterville, PA, USA) a 20 °C por 15 minutos para luego completar su volumen. La solución de estándares se filtró con un filtro de jeringuilla Whatman PVDF w/GMF de 0.45 μm previo a inyectar 5 veces en el HPLC para verificar la reproducibilidad del equipo. Se calculó el porcentaje de desviación estándar relativa (% RSD) para el área del pico de cada estándar de azúcar, los cuales fueron

cuantificados por el programa de computadora Chemstation versión A.10.02 (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA). Esta solución de estándares de azúcar era estable por una semana después de preparada y almacenada a 4 °C de temperatura (Bacardi Corporation).

4.7.2 Preparación de la muestra

Se mezclaron pulpas congeladas de 4 frutas de achachairú en una licuadora por aproximadamente 15 segundos hasta obtener una mezcla homogénea, se pesaron 2.5 g de muestra en una balanza analítica Mettler AE 163 (Mettler-Toledo GmbH, Greifensee, Switzerland) y se transfirió cuantitativamente a un matraz volumétrico de 25 ml. Se procedió a diluir, desgasificar y completar el volumen de igual manera que se realizó con los estándares. Las muestras se prepararon por triplicado y se filtraron en un filtro de jeringuilla de 0.45 µm previo a inyectar en el HPLC.

4.7.3 Cálculos con el método de estándar externo

Se utilizó el método de estándar externo el cual permite medir la concentración de uno o más componentes que aparecen como picos resueltos en el cromatograma, aún en presencia de otros compuestos que producen picos no resueltos (Rouessac y Rouessac, 2007). Dicho método está basado en la comparación de dos cromatogramas obtenidos continuamente utilizando las mismas condiciones de análisis y los mismos parámetros de control del cromatógrafo. El primer cromatograma se obtiene de una solución estándar de concentración conocida ($C_{est.}$) en un solvente en donde se mide el área ($A_{est.}$) del pico correspondiente, y el segundo cromatograma se obtiene de la muestra en solución con una concentración desconocida ($C_{desc.}$) del compuesto que se vá a medir y el área del pico correspondiente ($A_{desc.}$). Debido a que se inyectan volúmenes similares de ambas muestras, la razón de las áreas de los picos es proporcional a la razón de las concentraciones dependiendo de las masas inyectadas ($m_i = C_i * V$).

La siguiente relación caracteriza este método:

$$C_{desc.} = C_{est.} (A_{desc.} / A_{est.})$$

4.7.4 Condiciones de detección en HPLC-RI

Las condiciones utilizadas fueron las siguientes:

- Columna: SUGAR-PAK 1, (300 x 6.5 mm) (Waters Corp., Milford, MA, USA).
- Columna de seguridad: Waters Sugar Pak II (Waters Corp., Milford, MA, USA).
- Temperatura del horno para la columna (TCC): 80 °C.
- Fase móvil: solución de 0.0001M EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid) con Calcio (Sigma-Aldrich, Co., St. Louis, MO, USA).
- Temperatura de fase móvil: 45 °C.
- Flujo: 0.5 ml/min
- Volumen de inyección: 10 µL.
- Temperatura del detector (RI): 32 °C.
- Tiempo de análisis: 20 min/inyección.

4.8 Análisis Sensorial

Para evaluar la aceptabilidad del achachairú por el consumidor, se realizó una prueba de aceptación del achachairú cosechado en el año 2012 y en el día cero de almacenamiento. La prueba se llevó a cabo con 50 personas compuestas por estudiantes y empleados entre 18 a 60 años de ambos sexos de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez. En dicha prueba se evaluó sólo el atributo de sabor general de la fruta utilizando una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 = “me disgusta extremadamente”, 5 = “no me gusta ni me disgusta” y 9 = “me gusta extremadamente” (Apéndice 1).

Para el achachairú cosechado en los años 2013 y 2014, se realizó una prueba de aceptación general de la fruta en los días 0 y 15 de almacenamiento. La evaluación se realizó utilizando un panel de 16 consumidores compuesto por estudiantes y empleados del Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Recinto Universitario de Mayagüez. Se evaluaron los atributos de: dulzor, aroma, acidez, jugosidad y sabor general utilizando una escala hedónica de 7 puntos (1 = “Me disgusta

extremadamente”, 4 = “Ni me gusta ni me disgusta”, 7 = “Me gusta extremadamente”) (Apéndice 2) (Meilgaard, Carr, Civille, 2006).

4.9 Análisis Estadístico

Los datos se analizaron con análisis de varianza (ANOVA) con un 95 % de confianza ($\alpha = 0.05$) para determinar si hay diferencia entre los tratamientos, cuando la significación fue observada por la prueba F, las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey con una probabilidad exigida de $p < 0.05$, utilizando el programa *Infostat* versión 2015e (Di Rienzo *et al.*, 2015).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis fisicoquímicos en el achachairú se realizaron con el propósito de evaluar la calidad y determinar el largo de vida útil de la fruta durante el almacenamiento a temperatura ambiente. Conocer las características de madurez del achachairú es importante para su comercialización y exportación como fruta fresca. Una declaración como la mínima y a veces máxima madurez aceptable de un alimento es incluida repetidamente en las regulaciones publicadas por grupos de productores, órdenes de mercadeo o autoridades legales fijadas como el Departamento de Agricultura de Puerto Rico y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (Kader, 1992).

Los tiempos de almacenamiento (días 0, 5, 10, 15 y 20) proyectan los cambios que ocurren en la fruta debido a su comportamiento respiratorio durante la postcosecha. Se investigó el tiempo máximo de almacenamiento a 25 ± 2 °C y 75 ± 5 % HR para el achachairú con buena calidad y aceptabilidad por el consumidor.

5.1 Características físicas del Achachairú a través del tiempo de almacenamiento

5.1.1 Peso y pérdida de peso

Hubo una disminución en el peso promedio del achachairú, a medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento para los 3 años de cosecha (Tabla 2). Se observó una diferencia significativa para cada tiempo de almacenamiento ($p < 0.05$). La fruta perdió cerca de 12 % de peso por cada cinco días de almacenamiento.

El peso promedio del achachairú en el día inicial del almacenamiento para las 3 cosechas (47.56 g, Tabla 2) fue menor que del achachairú “selecto” de Bolivia (50.00 g) (Ardaya, 2009), pero mayor que del achachairú de Brasil “*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam” (40.60 g) (Da Fonseca, 2012).

De acuerdo a los resultados obtenidos de pérdida de peso se observa una interacción año de cosecha por tiempo de almacenamiento (interacción significativa, $p = 0.0001$) (Tabla 3). La pérdida de peso fue afectada por los años de cosecha. La interacción indicó un comportamiento diferente en la

pérdida de peso de las frutas entre los años de cosecha a los distintos tiempos de almacenamiento. Las frutas de la cosecha del año 2012 obtuvieron mayor pérdida de peso (40.03 %) y las de la cosecha del año 2014 obtuvieron menor pérdida de peso (29.54 %) a los 20 días de almacenamiento (Tabla 3).

La pérdida de peso sucede por la pérdida de agua que ocurre en la fruta a través de la transpiración. La causa principal para el deterioro es la pérdida de agua, ya que produce tanto pérdidas cuantitativas directas como también en pérdidas en apariencia, calidad de textura y calidad nutricional (Kader y Barrett, 2004). Arjona, Matta y Garner (1992) establecen que el porcentaje de pérdida de peso en las frutas obtuvo una respuesta lineal y regularmente aumenta con el tiempo de almacenamiento en todas las temperaturas. Es decir, a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento mayor pérdida de peso tendrá la fruta.

5.1.2 Longitud

El tiempo de almacenamiento tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la longitud promedio del achachairú, observándose una disminución de la longitud durante el tiempo de almacenamiento para los 3 años de cosecha (Tabla 2). La longitud no tuvo cambio significativo hasta el día 15 de almacenamiento. Hubo una reducción de 3.41 mm de longitud al final de los 20 días de almacenamiento.

La longitud promedio del achachairú en el día inicial del almacenamiento para las 3 cosechas (55.74 mm, Tabla 2) fue menor que la del achachairú “selecto” de Bolivia (61.1 mm) (Ardaya, 2009), pero mayor que la del achachairú de Brasil “*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam” (48.03 mm) (Da Fonseca, 2012).

El tamaño y la forma del achachairú se afectaron según la fruta fue perdiendo peso. La pérdida de agua y de peso en la fruta provocó la formación de arrugas en la cáscara del achachairú lo cual contribuyó a la disminución de la longitud hasta lograr encogerla reduciendo así su volumen (ver Figuras 4-6). A pesar de que la fruta estaba completamente arrugada por fuera, por dentro la pulpa se encontraba intacta, blanca y en buenas condiciones (ver Figura 3). La apariencia arrugada en la cáscara

podría afectar la aceptación de la fruta, aunque en el análisis sensorial realizado por nosotros no hubo variación en la aceptación tanto en el día 0 como en el día 15 de almacenamiento.

Dos Santos *et al.* (2008), afirman que la pérdida de masa de materia fresca que ocurre en el almacenamiento de la parcha amarilla se considera un factor limitante para su conservación. Por causa de la rápida pérdida de masa a lo largo del periodo de almacenamiento, estos frutos presentaron arrugamiento en la cáscara debido al proceso de senescencia, a pesar de que la pulpa se encontró en buenas condiciones para el consumo los autores afirman que el aspecto de la cáscara sería el motivo para su desvalorización comercial.

5.1.3 Diámetro externo y Grosor

El tiempo de almacenamiento tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el diámetro externo y el grosor de la cáscara promedio del achachairú, observándose una disminución en ambos durante el almacenamiento. Sin embargo, ambas características físicas no tuvieron cambio significativo hasta el día 10 de almacenamiento. Hubo una reducción de 3.64 mm en el diámetro externo y una de 1.24 mm en el grosor de la cáscara de las frutas al final de los 20 días de almacenamiento.

El diámetro externo promedio del achachairú en el día inicial del almacenamiento para las 3 cosechas (41.90 mm) (Tabla 2) fue menor que el del achachairú “selecto” de Bolivia (45 mm) (Ardaya, 2009), pero mayor que el del achachairú de Brasil “*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam” (40.23 mm) (Da Fonseca, 2012).

Janick y Paull (2008) han reportado una medida de 2 mm para el grosor de la cáscara del achachairú “*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adams”. En el achachairú de Puerto Rico el grosor de la cáscara en el día inicial del almacenamiento, para las 3 cosechas (2.99 mm) (Tabla 2) fue menor que la de Brasil “*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam” (3.88 mm) (Da Fonseca, 2012).

Apiratikorn, Sdoodee, Lerslerwong y Rongsawat (2012) obtuvieron diferencias significativas en el grosor de la cáscara del mangostán según las estaciones de cosecha. Los autores afirman que hubo evidencias de variabilidad climática en el periodo de 1981-2010 en la provincia en donde se cultivó el

mangostán, y cuando hay un cambio acentuado en la distribución de las precipitaciones esto afectó el cambio fenológico, el rendimiento y la calidad de la fruta de mangostán.

Tabla 2. Promedio de las características físicas del Achachairú de los años de cosecha 2012 al 2014 según el tiempo de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR

Tiempo de almacenamiento (Días)	Peso (g)	Longitud (mm)	Diámetro externo (mm)	Grosor (mm)
0	47.56 ^a	55.74 ^a	41.90 ^a	2.99 ^a
5	43.13 ^b	55.17 ^a	41.34 ^a	2.91 ^a
10	38.77 ^c	55.14 ^a	40.99 ^{ab}	2.66 ^b
15	33.34 ^d	53.67 ^{ab}	39.79 ^b	2.39 ^c
20	28.19 ^e	52.33 ^b	38.26 ^c	1.75 ^d
p-valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
EE	0.99	0.56	0.37	0.05
DMS	3.80	2.14	1.43	0.20
CV (%)	18.92	7.56	6.74	29.60

Media de 15 determinaciones para la cosecha 2012 y 20 para las cosechas 2013 y 2014. EE= error estándar. Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$, Prueba de Tukey).

Tabla 3. Promedio de pérdida de peso del Achachairú según el tiempo de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR de los años de cosecha 2012 al 2014

Tiempo de almacenamiento (Días)	*Pérdida de peso (%)		
	Cosecha 2012	Cosecha 2013	Cosecha 2014
0	0.00 ^g	0.00 ^g	0.00 ^g
5	9.44 ^{ef}	9.07 ^f	6.52 ^f
10	18.07 ^d	19.31 ^d	13.05 ^e
15	26.95 ^c	28.42 ^c	21.78 ^d
20	40.03 ^a	35.89 ^b	29.54 ^c
p-valor		0.0001	
EE	0.88	0.76	0.76
DMS		3.86	
CV (%)		19.96	

Media de 15 determinaciones para la cosecha 2012 y 20 para las cosechas 2013 y 2014. EE= error estándar. Letras iguales en la tabla indica que no hay diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$, Prueba de Tukey). *Hubo interacción.

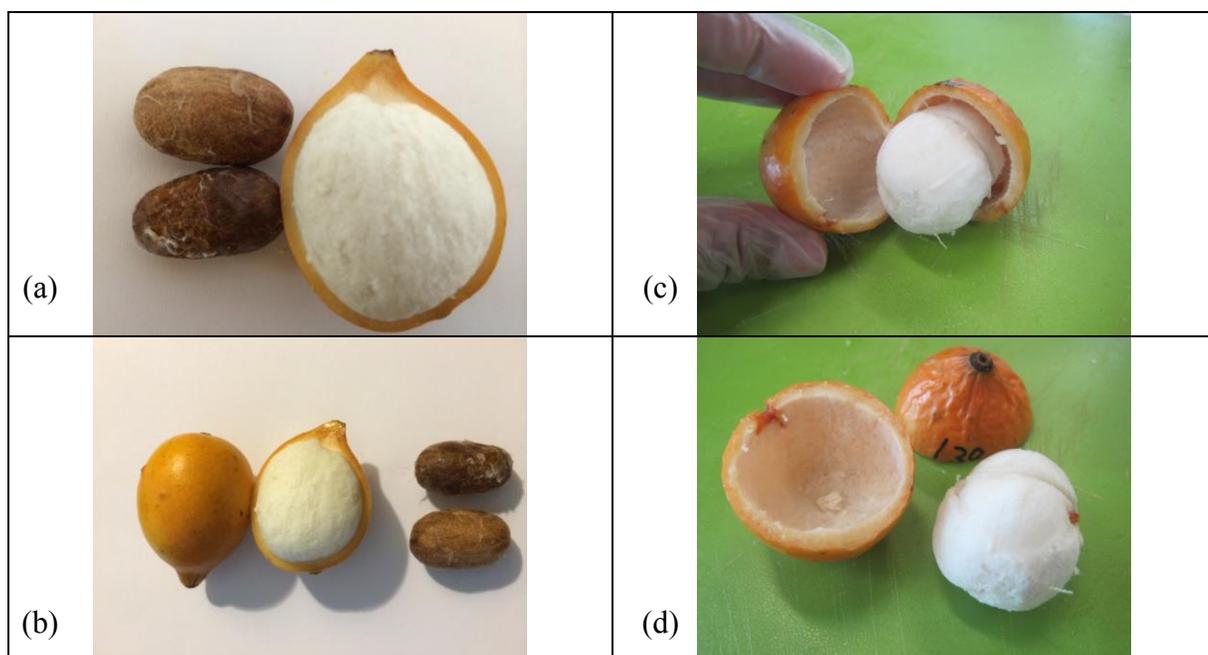


Figura 3. (a) y (b) Achachairú en el día 0 de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (c) y (d) Achachairú después del día 15 de almacenamiento. (Fotos: Rosa. N. Chávez-Jáuregui y Marlyn Cotty)

5.1.4 Apariencia externa

Según los resultados del análisis estadístico, se obtuvo una interacción año de cosecha x tiempo de almacenamiento (interacción significativa, $p = 0.0272$) (Tabla 4), indicando que hubo un comportamiento diferente en la apariencia externa de las frutas entre los años de cosecha a los distintos tiempos de almacenamiento. Se observó un incremento en la puntuación promedio (escala 0 al 4) para la apariencia externa de las frutas a medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, no hubo cambio significativo hasta el día 15 para las tres cosechas. Las figuras 4 al 6 muestran el oscurecimiento, manchas y arrugas que se formaron en la cáscara de las frutas en cada tiempo de almacenamiento. Para el día 20 de almacenamiento las frutas de las tres cosechas obtuvieron una puntuación menor de 4, esto indica que en general las frutas no se encontraron totalmente oscuras ni totalmente arrugadas. Las frutas de la cosecha del año 2013 obtuvieron la mayor puntuación de la escala (3.10) (Tabla 4) al final del almacenamiento en comparación con las otras dos cosechas, lo que significa que estas frutas obtuvieron la menor calidad visual.

Teixeira, Durigan, Lima, Alves y Filgueiras (2005) han reportado que el encogimiento es el factor principal que afecta la apariencia, sin embargo también contribuye en esto las manchas oscuras en la cáscara. Una pérdida de peso de hasta un 5 % es suficiente para causar marchitamiento y encogimiento en una fruta o vegetal afectando su calidad (Pantastico, Chattopadhyay y Subramanyam, 1979). El encogimiento de la fruta el cual se debe a una pérdida excesiva de humedad también carece de condición de frescura o madurez (Wills *et al.*, 1982).

Gajewski, Katarzyna y Bajer (2009) reportaron que los atributos de textura principalmente afectados en las frutas de berenjena fueron la firmeza de la pulpa, fibrosidad y la dureza de la cáscara.

Las alteraciones en la apariencia pueden surgir por los daños mecánicos que ocurren durante la cosecha y manejo postcosecha, sin embargo, estos se pueden manifestar durante la maduración y senescencia (Thorp y Bielecki, 2002). Los pardeamientos en la superficie de verduras y frutas ocurren sólo cuando la estructura tisular se rompe y el oxígeno del aire induce la activación del sistema

enzimático (Gutiérrez, 2000). Las enzimas envueltas en este pardeamiento se conocen como polifenoloxidasas, polifenolasas o fenolasas (Gutiérrez, 2000). La acción de las polifenolasas es destructiva cuando conduce al oscurecimiento en tejidos de plantas rotos y magullados, aunque es beneficiosa en el procesamiento del té y café (DeMan, 1999).

Tabla 4. Promedio de la apariencia externa del Achachairú según el tiempo de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR de los años de cosecha 2012 al 2014

Tiempo de almacenamiento (Días)	*Apariencia externa (0-4)		
	Cosecha 2012	Cosecha 2013	Cosecha 2014
0	0.00 ^d	0.00 ^d	0.00 ^d
5	0.27 ^d	0.25 ^d	0.15 ^d
10	0.40 ^d	0.50 ^d	0.35 ^d
15	2.00 ^c	2.35 ^{bc}	1.90 ^c
20	2.93 ^{ab}	3.10 ^a	2.25 ^c
p-valor		0.0272	
EE	0.15	0.13	0.13
DMS		0.64	
CV (%)		51.69	

Media de 15 determinaciones para la cosecha 2012 y 20 para las cosechas 2013 y 2014. EE= error estándar. Letras iguales en la tabla indica que no hay diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$, Prueba de Tukey). *Hubo interacción.



Figura 4. Cambio de apariencia externa del achachairú de año de cosecha 2012 durante el almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (a) Día 0, (b) Día 5, (c) Día 10, (d) Día 15 y (e) Día 20. (Fotos: Marlyn Cotty)



Figura 5. Cambio de apariencia externa del achachairú de año de cosecha 2013 durante el almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (a) Día 0, (b) Día 5, (c) Día 10, (d) Día 15 y (e) Día 20. (Fotos: Marlyn Cotty)

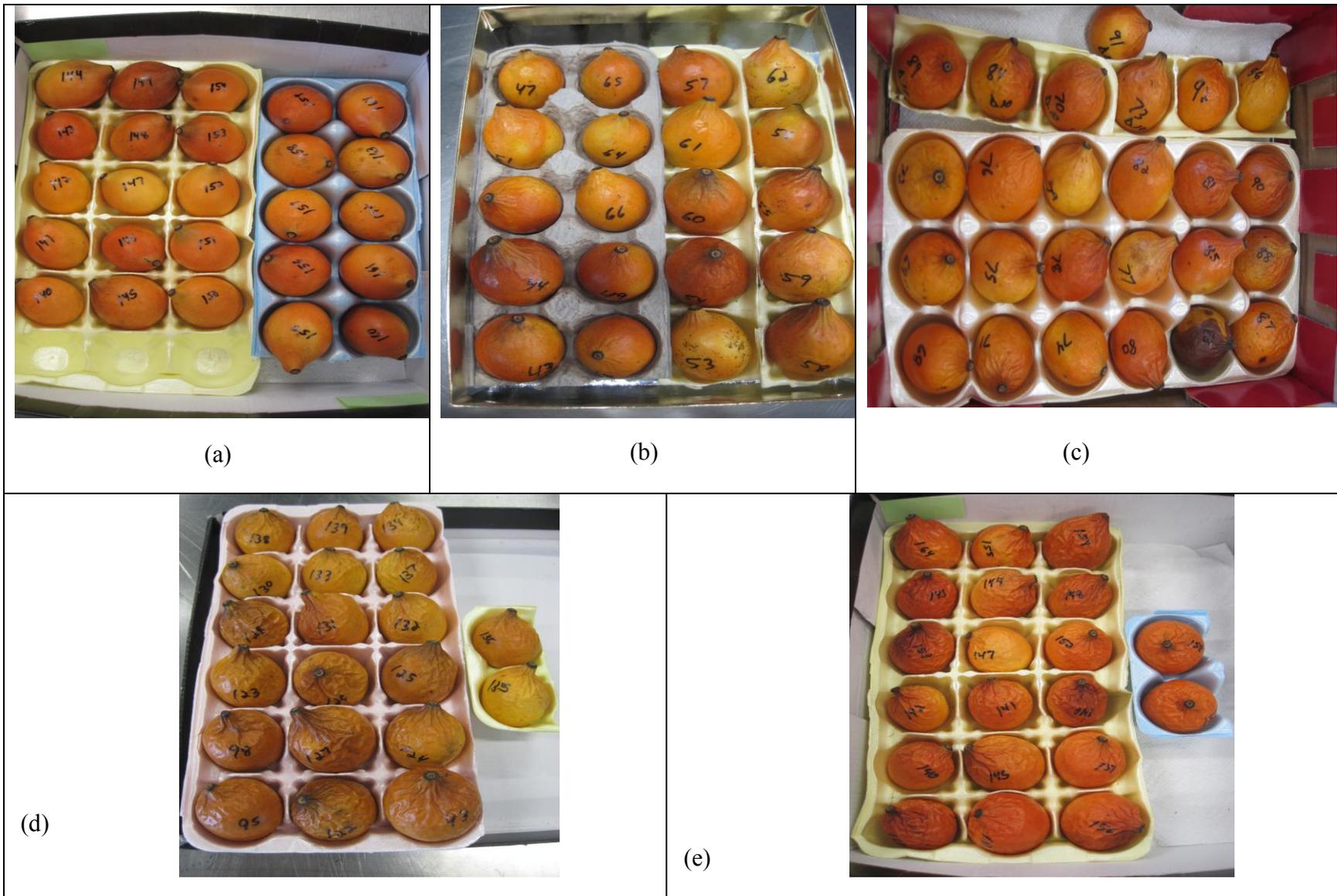


Figura 6. Cambio de apariencia externa del achachairú de año de cosecha 2014 durante el almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (a) Día 0, (b) Día 5, (c) Día 10, (d) Día 15 y (e) Día 20. (Fotos: Marlyn Cotty)

5.1.5 Semillas efectivas y atrofiadas

No hubo cambio significativo ($p > 0.05$) en la cantidad promedio de semillas efectivas (semillas grandes) de los achachairús de las tres cosechas. Cada achachairú cosechado en los años 2012 al 2014 presentó al menos 1 semilla efectiva en cada tiempo de almacenamiento (Tabla 5 y Figura 7). Sin embargo, se observó una interacción año de cosecha por tiempo de almacenamiento (interacción significativa, $p = 0.0017$) (Apéndice 4) en la cantidad de semillas atrofiadas (semillas pequeñas) al obtener 1.33 ± 0.72 , 0.90 ± 0.72 y 2.35 ± 1.27 de semillas para las frutas cosechadas en los años 2012 al 2014, respectivamente. La cantidad de semillas atrofiadas fue afectada por los años de cosecha. Esto indica que hubo cantidades diferentes de semillas atrofiadas entre los años de cosecha a los distintos tiempos de almacenamiento.

Los resultados obtenidos en esta investigación en cuanto a la cantidad de semillas efectivas y atrofiadas se comparan con los del achachairú “selecto” que generalmente tiene 1 semilla efectiva y 2 atrofiadas de forma cilíndrica y de color marrón claro (Ardaya, 2009).

Además, en un estudio de achachairús (*Garcinia* sp, familia *Clusiaceae*) de Bolivia, Barbosa *et al.* (2008) reportaron que un 65 % de las frutas contenían al menos 1 semilla grande, y se observaron de 2 a 3 semillas medianas o pequeñas por fruta. Ardaya (2009) indicó que el elemento fósforo es importante para el árbol de achachairú ya que es un precursor de la formación de raíces, flores y semillas.

5.1.6 Pulpa, cáscara y semilla

Hubo una disminución en los pesos promedios de la pulpa y de la cáscara a medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento para los tres años de cosecha (Tablas 5 y 6). El tiempo de almacenamiento tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el peso de la pulpa. Hubo una interacción año de cosecha por tiempo de almacenamiento (interacción significativa, $p = 0.0363$) en el peso de la cáscara (Tabla 6). Esto indica que el peso de la cáscara de las frutas fue diferente entre los años de cosecha a los distintos tiempos de almacenamiento. No hubo cambio significativo en el peso de la

cáscara hasta el día 15 de almacenamiento para las frutas cosechadas en los años 2012 y 2014, y hasta el día 10 de almacenamiento para las del año 2013. Las frutas de la cosecha 2012 obtuvieron el menor peso de cáscara (8.95 g) al final del almacenamiento comparado con las otras dos cosechas (12.10 g y 12.01 g). La fruta perdió cerca de 7 g de peso en la pulpa y 11 g de peso en la cáscara al final del almacenamiento.

Tabla 5. Promedio de semillas efectivas y de la pulpa del Achachairú según el tiempo de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR de los años de cosecha 2012 al 2014

Tiempo de almacenamiento (Días)	Semillas efectivas (No.)	Pulpa (g)
0	1.57 ^a ± 0.07	14.69 ^a ± 0.36
5	1.46 ^a ± 0.07	13.15 ^b ± 0.36
10	1.42 ^a ± 0.07	11.73 ^c ± 0.36
15	1.46 ^a ± 0.07	10.20 ^d ± 0.36
20	1.48 ^a ± 0.07	8.29 ^e ± 0.36
p-valor	0.6552	0.0001
DMS	0.26	1.39
CV (%)	33.55	22.69

Media de 15 determinaciones para la cosecha 2012 y 20 para las cosechas 2013 y 2014. EE= error estándar. ^{a,b,c,d,e} Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$, Prueba de Tukey).

Tabla 6. Promedio del peso de la cáscara del Achachairú según el tiempo de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR de los años de cosecha 2012 al 2014

Tiempo de almacenamiento (Días)	*Cáscara (g)
Cosecha 2012	
0	20.30 ^{ab} ± 1.12
5	17.68 ^{abc} ± 1.12
10	18.90 ^{ab} ± 1.12
15	12.18 ^{def} ± 1.12
20	8.95 ^f ± 1.12
Cosecha 2013	
0	21.67 ^a ± 0.97
5	20.11 ^{ab} ± 0.97
10	16.54 ^{bcd} ± 0.97
15	13.29 ^{cdef} ± 0.97
20	12.10 ^{ef} ± 0.97
Cosecha 2014	
0	19.76 ^{ab} ± 0.97
5	18.51 ^{ab} ± 0.97
10	17.08 ^{abcd} ± 0.97
15	15.90 ^{bcd} ± 0.97
20	12.01 ^{ef} ± 0.97
p-valor	0.0363
DMS	4.91
CV (%)	26.41

Media de 15 determinaciones para la cosecha 2012 y 20 para las cosechas 2013 y 2014. *Hubo interacción. EE= error estándar. ^{a,b,c,d,e,f} Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$, Prueba de Tukey).

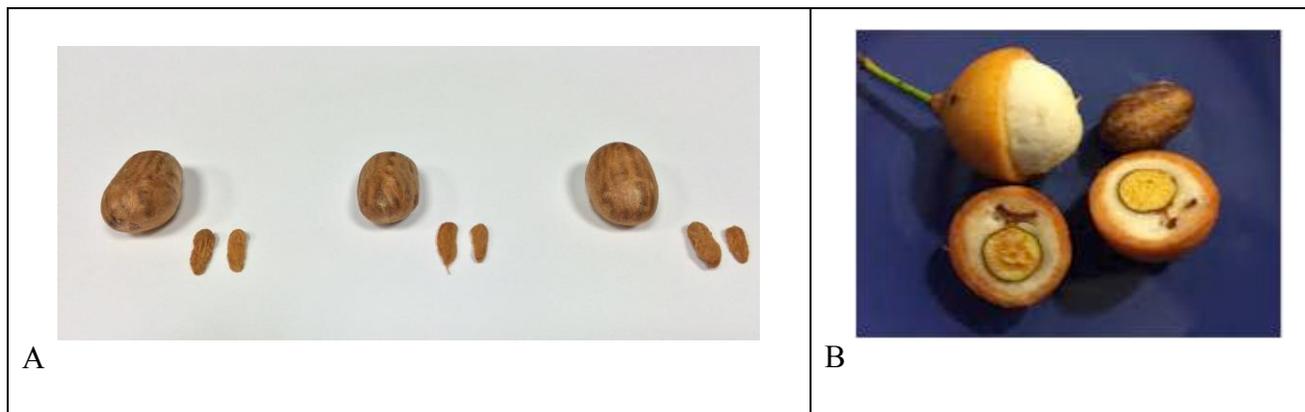


Figura 7. Semillas de achachairú de Puerto Rico. (A) Semillas efectivas (grandes) y semillas atrofiadas (pequeñas). (B) Achachairú con una semilla efectiva y 2 atrofiadas por dentro (Fotos: Juan C. Nieves y Rosa N. Chávez-Jáuregui)

Los pesos promedios de la pulpa y cáscara del achachairú de Puerto Rico en el día inicial del almacenamiento para las 3 cosechas (14.69 g y 20.58 g) (Tablas 5 y 6) fueron menores que los del achachairú “selecto” de Bolivia (19.9 g y 23.9 g o 39.8 % y 47.8 %), respectivamente (Ardaya, 2009), pero mayores que los del achachairú (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) de Brasil (12.94 g y 18.37 g) (Da Fonseca, 2012). El peso promedio de las semillas del achachairú de Puerto Rico para las 3 cosechas ($9.82 \text{ g} \pm 3.19$, Apéndice 4) fue mayor que del achachairú “selecto” (6.4 g o 12.8 %) (Ardaya, 2009) y del achachairú (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) (8.25 g) (Da Fonseca, 2012).

Owino, Shibairo, Ambuko y Yumbya (2014) estudiaron frutas de parcha violeta empacadas en bolsas de polietileno, empaque activo y no empacadas durante el tiempo de almacenamiento y reportaron un aumento en la velocidad de respiración en todas las frutas. Las frutas cosechadas en estado 3 de una madurez avanzada (completamente color violeta) perdieron menos peso que las cosechadas en estado 2 madurez menos avanzada (50-75 % color violeta), esto se pudo dar ya que las frutas en estado 3 tenían una capa de cera bien desarrollada en la superficie lo cual disminuyó la velocidad de pérdida de humedad.

5.2 Características químicas y físicas del Achachairú

5.2.1 Medidas de pH

Se observó un leve aumento en el pH promedio de la pulpa de achachairú a medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento para los tres años de cosecha (Tabla 7). El tiempo de almacenamiento tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el pH de la pulpa, sin embargo no se observó cambio significativo hasta el día 15 de almacenamiento. La pulpa de la fruta obtuvo un pH inicial de 3.55, pero uno final de 3.81, indicando que la pulpa perdió acidez durante el almacenamiento.

El valor de pH promedio de la pulpa del achachairú en el día inicial del almacenamiento para las 3 cosechas (3.55) (Tabla 7) fue menor que el pH de la pulpa del achachairú de Brasil (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) (3.78) (Da Fonseca, 2012).

Castro, Anjos, Rezende, Benato y Valentini (2012) reportan que no se observó cambio significativo en el pH promedio durante el almacenamiento de frutas mangostán en diferentes tratamientos [capa con cera carnauba, capa con lecitina + CMC (carboximetilcelulosa), recubrimiento de película con 50 μm de LDPE (polietileno de baja densidad), 13 μm de PVC (cloruro de polivinilo), y muestra sin capa (tratamiento control de 13 °C)], y que la variación fue de 3.2 a 3.6.

Por otro lado, el pH y la acidez titulable no están directamente vinculados, ya que el pH depende de la concentración de iones de hidrógeno libres y de la capacidad amortiguadora del jugo extraído (Wills *et al.*, 1982), mientras que la acidez titulable es un indicador de la acidez total del alimento (Nielsen, 2014).

Rodríguez, Gutiérrez, Lasprilla, Fischer y Vanegas (2005) hicieron un estudio en pitahayas amarillas almacenadas a 8 °C y 19 °C y en dos estados de madurez 3 (color verde-amarillo) y 5 (color amarillo) durante 23 días de almacenamiento, en la cual demostraron que la fruta cosechada en estado 3 presentó un pH menor que la cosechada en el estado 5, como era lo esperado. No obstante, al final del almacenamiento cuando la fruta en estado 3 almacenada a 19 °C había madurado en el décimo tercer

día esta alcanzó el valor de pH más alto, coincidiendo con el medido para el estado 5 al momento de la cosecha (pH 4.9).

5.2.2 Firmeza

La firmeza promedio en la cáscara del achachairú disminuyó a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento para los 3 años de cosecha (Tabla 7). El tiempo de almacenamiento tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la firmeza de la cáscara a partir de los primeros cinco días de almacenamiento. La cáscara perdió cerca de 6 Newtons (N) de firmeza al final de almacenamiento.

En la fruta bacuri se obtuvo un comportamiento similar en la firmeza ya que fue influenciada por el tiempo de almacenamiento (25 días). Se observó una disminución de 211.86 a 201.91 N y de 211.86 a 197.98 N para las frutas almacenadas a temperatura ambiente (23.2 °C) y a atmósfera modificada (23.2 °C), respectivamente (Fontenele, 2007).

Palapol *et al.* (2009) midieron la firmeza en el pericarpio del mangostán en 6 estados de madurez durante 9 días, donde el estado 1 representa pericarpio con manchas rosadas dispersas y el estado 6 pericarpio de color violeta negro. En dicho estudio hubo una disminución marcada en la firmeza del estado 1 (6.66 N) al 6 (3.84 N) como era de esperarse, mientras aumentó levemente el contenido de sólidos solubles y la acidez titulable disminuyó levemente durante el desarrollo del color desde el estado 3 hasta al 6.

En otro estudio realizado por Noichinda, Bodhipadma, Singkhornart y Ketsa (2007) en la pulpa de la fruta mangostán (*Garcinia mangostana*) la firmeza disminuyó de 0.35 a 0.18 N durante 10 días de almacenamiento a temperatura ambiente con un gran aumento en pectina soluble en agua y en actividades de las pectin metilesterasa (PME) y poligalacturonasa (PG). Estos autores indican que el cambio en la solubilización de la pared celular puede ser el causante del ablandamiento de la pulpa durante la madurez.

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los de Proctor y Miesle (1991), Aponte y Guadarrama (2003), Cerdas, Montero y Somarribas (2014); y De la Cruz, Vargas, Del Angel

y Garcia (2010) quienes indican que una de las características de la maduración del fruto es la pérdida de firmeza, la cual esta estrictamente relacionada con la alteración enzimática de la laminilla media y pared celular de los frutos, constituida principalmente por sustancias pécticas, celulosa y hemicelulosa. Los frutos de parcha en estado verde presentan cierta dureza en su cáscara, la cual se pierde a medida que el fruto entra al estado maduro, y ésta se reduce progresivamente hasta el estado sobremaduro cuando los mismos se arrugan y se resecan como consecuencia de la pérdida de humedad (Aponte y Guadarrama, 2003).

Reid (1992) ha reportado que la maduración de las frutas generalmente está unida al ablandamiento. La maduración en alimentos está relacionada con los cambios fisiológicos por variaciones en el comportamiento respiratorio y en la producción de etileno (Reid, 1992).

Janick y Paull (2008) indicaron que el achachairú perderá firmeza y se encogerá, pero no se pudrirá a menos que haya sufrido un daño físico y haya sido almacenado mojado.

Tabla 7. Promedio del pH y de la firmeza del Achachairú según el tiempo de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR de los años de cosecha 2012 al 2014

Tiempo de almacenamiento (Días)	pH	Firmeza (N)
0	3.55 ^b ± 0.05	16.08 ^a ± 0.39
5	3.56 ^b ± 0.05	12.73 ^b ± 0.39
10	3.69 ^{ab} ± 0.05	12.31 ^{bc} ± 0.39
15	3.80 ^a ± 0.05	11.19 ^{cd} ± 0.39
20	3.81 ^a ± 0.05	10.26 ^d ± 0.39
p-valor	0.0003	0.0001
DMS	0.19	1.48
CV (%)	3.79	22.90

Media de 15 determinaciones para la cosecha 2012 y 20 para las cosechas 2013 y 2014. EE= error estándar. Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$, Prueba de Tukey).

5.2.3 Sólidos solubles totales (°Brix)

Se observó un incremento en los sólidos solubles totales (SST) promedios de la pulpa del achachairú a medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento para los 3 años de cosecha (Tabla 8). Hubo una interacción año de cosecha por tiempo de almacenamiento (interacción significativa, $p = 0.0430$) (Tabla 8). Esto indica que los SST fueron diferentes entre los años de cosecha a los distintos tiempos de almacenamiento.

Los °Brix promedio del achachairú de Puerto Rico en el día inicial del almacenamiento para las 3 cosechas (15.87 °Brix) (Tabla 8) fueron menores que los °Brix de la pulpa del achachairú de Brasil (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) (16.4 °Brix) (Da Fonseca, 2012) y del achachairú “selecto” de Bolivia (16.28 °Brix) (Ardaya, 2009).

En un estudio con mangostán (*Garcinia mangostana* L.) del mismo género, Palapol *et al.* (2009) evaluaron las propiedades fisicoquímicas y relatan que los frutos maduros (6 = color violeta negro) almacenados a 15 °C (85-90 % HR) aumentaron entre 17.2 a 17.9 °Brix. Sin embargo, Castro *et al.* (2012) al caracterizar las frutas mangostán (*Garcinia mangostana* L.) a 25 °C encontraron una variación entre 16 a 19 °Brix durante los 21 días de almacenamiento.

Durante la madurez la fruta se pone suave, cambia de color y desarrolla características de aroma y sabor. También hay una disminución en la acidez y un aumento en el dulzor (Wills, McGlasson, Grahm y Joyce, 2007; Wills *et al.*, 1982). Estos cambios son inherentes, y pueden afectar el nivel de las hormonas, la respiración y la organización celular (Yanru, Pandey, Prasad y Srivastava, 1995; Yashoda, Prabha y Tharanathan, 2007). El aumento en SST durante la maduración está relacionado con el rompimiento de carbohidratos almacenados en azúcares simples lo cual ocurre durante la respiración (Siddiqui y Dhua, 2010). Los factores que contribuyen en el proceso de maduración, son el estado de madurez y el ambiente en donde madura la fruta, el cual incluye la temperatura y la humedad relativa (Siddiqui, 2008; Dutta y Dhua, 2004). En las frutas no-climatéricas la acumulación de azúcar está unida con el desarrollo de la calidad óptima de consumo, sin embargo el azúcar puede ser obtenido del néctar

introducido en la fruta en lugar de partir de la descomposición de las reservas de almidón de la fruta (Wills *et al.*, 1982).

5.2.4 Acidez Titulable Total (% ácido cítrico)

Se observó una disminución en la acidez titulable total (ATT) de la pulpa del achachairú a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento para los tres años de cosecha (Tabla 8). Hubo una interacción año de cosecha por tiempo de almacenamiento (interacción significativa, $p = 0.0001$) (Tabla 8), indicando que la ATT fue diferente entre los años de cosecha a los distintos tiempos de almacenamiento.

La acidez titulable total promedio de la pulpa del achachairú de Puerto Rico en el día inicial del almacenamiento para las 3 cosechas (0.80 % de ácido cítrico) (Tabla 8), fue igual al de Bolivia (achachairú selecto) (0.80 %) (Ardaya, 2009), pero menor que el achachairú de Brasil (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) (1.37 % de ácido cítrico) (Da Fonseca, 2012).

Palapol *et al.* (2009) al estudiar los cambios de color después de la postcosecha en diferentes estados de madurez con relación a la calidad de la fruta mangostán (*Garcinia mangostana* L.) reportan una variación entre 0.81 a 0.74 % de ATT durante 9 días de almacenamiento a 15 °C.

Owino *et al.* (2014) concluye que la disminución de ATT en la parcha violeta (*Passiflora edulis* Sims) con la madurez en todos los tratamientos (empaquetado en activebag®, o en bolsa ordinaria y sin empaque, todos a condiciones de ambiente), ocurre debido a que se han utilizado los ácidos orgánicos como sustratos para la respiración. El contenido de ácido disminuye en el proceso de maduración, ya que los ácidos orgánicos se utilizan en la respiración o se convierten en azúcares (Kader y Barrett, 2004).

5.2.5 Relación SST/ATT

Se observó un incremento en la relación promedio de sólidos solubles totales con acidez titulable total (relación SST/ATT) de los achachairús a medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento para los 3 años de cosecha (Tabla 8). Se obtuvo una interacción año de cosecha por

tiempo de almacenamiento (interacción significativa, $p = 0.0001$) (Tabla 8). Esto indica que la relación SST/ATT fue diferente entre los años de cosecha a los distintos tiempos de almacenamiento.

La relación SST/ATT promedio del achachairú de Puerto Rico en el día inicial del almacenamiento para las 3 cosechas (21.91) (Tabla 8) fue mayor que la del achachairú (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) (12.65) (Da Fonseca, 2012), y del achachairú “selecto” (20.35) (Ardaya, 2009).

Palapol *et al.* (2009) han reportado un incremento de 21.2 a 23.7 en la relación SST/ATT en la madurez de la fruta mangostán durante 9 días de almacenamiento a 15 °C.

Aguiar, Figueiredo, Alves, Maia y Souza (2008) evaluaron la relación SST/ATT en 11 genotipos de bacuri (*Plantonina insignis* Mart.) y encontraron una variación enorme entre los mismos. El genotipo M11 fue el que presentó el mayor valor (34.26) de SST/ATT. Estos mismos autores afirman que para un mercado consumidor de frutas frescas y/o procesadas, la relación de SST/ATT elevada es la más deseable, siendo el genotipo M11 el más adecuado.

La relación azúcar ácido frecuentemente se asocia mejor a la palatabilidad de la fruta que a los niveles de azúcar y de ácido solos (Wills *et al.*, 1982).

Tabla 8. Promedio de las características químicas del Achachairú según el tiempo de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR de los años de cosecha 2012 al 2014

Tiempo de almacenamiento (Días)	*Sólidos solubles totales (SST) (°Brix)	*Acidez titulable total (ATT) (% ácido cítrico)	*Relación SST/ATT
Cosecha 2012			
0	15.33 ^f ± 0.71	0.95 ^a ± 0.02	16.14 ^h ± 1.32
5	17.51 ^{def} ± 0.71	0.58 ^{def} ± 0.02	30.18 ^{cde} ± 1.32
10	18.84 ^{abcde} ± 0.71	0.53 ^{efg} ± 0.02	35.55 ^c ± 1.32
15	20.67 ^{abc} ± 0.71	0.38 ⁱ ± 0.02	53.01 ^a ± 1.32
20	20.13 ^{abc} ± 0.71	0.43 ^{hi} ± 0.02	46.82 ^b ± 1.32
Cosecha 2013			
0	15.27 ^f ± 0.62	0.94 ^a ± 0.02	16.24 ^h ± 1.15
5	15.88 ^{ef} ± 0.62	0.80 ^{bc} ± 0.02	19.84 ^{gh} ± 1.15
10	16.92 ^{ef} ± 0.62	0.88 ^{ab} ± 0.02	19.22 ^{gh} ± 1.15
15	17.57 ^{cdef} ± 0.62	0.75 ^c ± 0.02	23.42 ^{fg} ± 1.15
20	17.31 ^{def} ± 0.62	0.63 ^d ± 0.02	27.47 ^{ef} ± 1.15
Cosecha 2014			
0	17.01 ^{def} ± 0.62	0.51 ^{fg} ± 0.02	33.34 ^{cd} ± 1.15
5	17.92 ^{bcd} ± 0.62	0.51 ^{fg} ± 0.02	34.46 ^{cd} ± 1.15
10	17.63 ^{cdef} ± 0.62	0.60 ^{de} ± 0.02	29.38 ^{de} ± 1.15
15	21.03 ^{ab} ± 0.62	0.49 ^{gh} ± 0.02	42.92 ^b ± 1.15
20	21.75 ^a ± 0.62	0.49 ^{gh} ± 0.02	44.38 ^b ± 1.15
p-valor	0.0430	0.0001	0.0001
DMS	3.14	0.08	5.80
CV (%)	15.37	4.26	16.49

Media de 15 determinaciones para la cosecha 2012 y 20 para las cosechas 2013 y 2014. EE= error estándar. Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$, Prueba de Tukey). *Hubo interacción.

5.3 Composición química del Achachairú

5.3.1 Análisis proximal

No se observó diferencia significativa ($p > 0.05$) en el contenido de agua (% humedad) de la pulpa del achachairú de Puerto Rico para los 3 años de cosecha (Tabla 9), sin embargo para el contenido de proteína, fibra, cenizas y grasa se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$).

La humedad promedio (77.97 %) (Tabla 9) de las 3 cosechas de achachairú fue menor que la reportada por Ardaya (2009) (80.1-83.97 %) para el achachairú “selecto”, pero cercana a la reportada por Da Fonseca (2012) (78.95 %) para el achachairú (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam).

El promedio de proteína (0.55 %) (Tabla 9) de las 3 cosechas de achachairú fue mayor que los reportados por Ardaya (2009) (0.42-0.50 %) para el achachairú “selecto” y por Da Fonseca (2012) (0.48 %) para el achachairú (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam).

La fibra promedio (0.36 %) (Tabla 9) de las 3 cosechas de achachairú fue menor que las reportadas por Ardaya (2009) (0.56-1.0 %) para el achachairú “selecto” y por Da Fonseca (2012) (1.40 %) para el achachairú (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam).

El promedio de cenizas (0.35 %) (Tabla 9) de las 3 cosechas de achachairú fue mayor que los reportados por Ardaya (2009) (0.2-0.3 %) y los reportados por Da Fonseca (2012) (0.24 %).

El promedio de grasa (0.07 %) (Tabla 9) de las 3 cosechas de achachairú fue menor que los reportados por Ardaya (2009) (0.10-0.50 %) y los reportados por Da Fonseca (2012) (0.21 %).

Los carbohidratos promedio (20.70 %) (Tabla 9) de las 3 cosechas de achachairú fueron similares a los reportados por Da Fonseca (2012) (20.12 %), pero mayores que los reportados por Ardaya (2009) (14.0-14.25 %).

Tabla 9. Composición química de la pulpa de Achachairú en base húmeda (B.H.) cosechados en los años 2012 al 2014 en el día 0 de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR

Componente	Año de cosecha			p-valor	DMS	CV (%)
	2012	2013	2014			
Humedad (%)	77.70 ^a ±2.73	78.25 ^a ±1.10	77.97 ^a ±0.98	0.8148	2.11	2.30
Proteína (%)	0.42 ^b ±0.08	0.65 ^a ±0.14	0.58 ^a ±0.05	0.0002	0.11	17.39
Fibra (%)	0.27 ^c ±0.02	0.50 ^a ±0.01	0.32 ^b ±0.05	0.0001	0.04	8.56
Cenizas (%)	0.30 ^b ±0.05	0.51 ^a ±0.06	0.24 ^c ±0.02	0.0001	0.06	13.72
Grasa (%)	0.08 ^a ±0.02	0.05 ^b ±0.01	0.07 ^a ±0.02	0.0005	0.02	23.11
Carbohidratos (%)	21.23	20.04	20.82	---	---	---

Media de 9 determinaciones ± la desviación estándar. Letras iguales en la misma fila indica que no hay diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$, Prueba de Tukey).

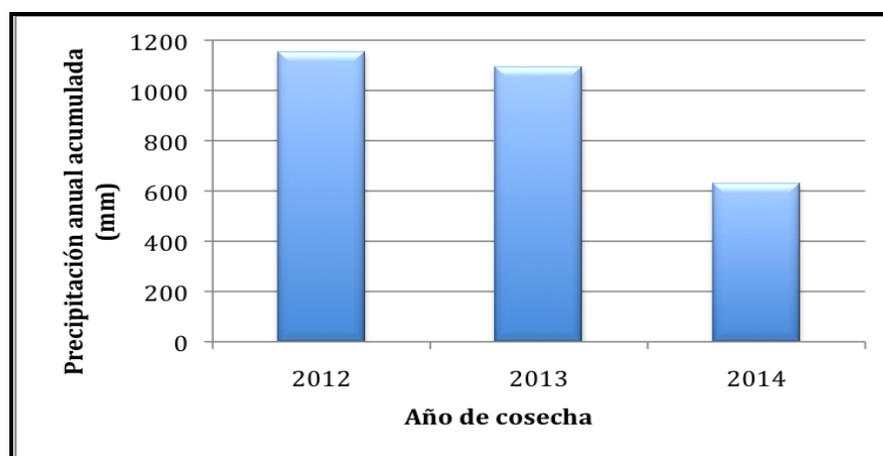
Hornick (1992) indica que existen varios factores que pueden perjudicar la calidad nutricional de las cosechas, tanto de manera directa como indirecta. Entre estos factores se encuentran los factores del suelo (pH, nutrientes disponibles, textura, contenido de materia orgánica y relaciones suelo-agua), factores climáticos y del tiempo (temperatura, precipitación e intensidad de luz), la cosecha y el cultivar, el manejo y almacenamiento postcosecha, y aplicaciones de fertilizante y prácticas culturales.

Las variables agro-metereológicas críticas asociadas con la producción agrícola son la precipitación, temperatura del aire y el periodo de sequía (Boonklong, Jaroensutasinee y Jaroensutasinee, 2006). En general la producción de las frutas tropicales está normalmente limitada por la disponibilidad de la humedad del suelo y por los mismos árboles frutales tales como el mango y el lichi que requieren un periodo seco para detener el proceso de crecimiento vegetativo e inducir a la floración (Nakasone y Paull, 1998). En el caso del mangostán, es necesario aproximadamente 21 días de periodo de sequía para inducir al florecimiento. La floración puede explicarse como el resultado de

la necesidad del mangostán de ser inducido por la sequía para acumular nutrientes (Apiratikorn *et al.*, 2012). En adición, se sabe que el estrés hídrico perjudicará grandemente su productividad final (Apiratikorn *et al.*, 2012).

Kader y Barrett (2004) indican que prácticas culturales como tipo de suelo, nutrientes del suelo y suministro de agua, poda, reducción, control de plagas y la adición de fertilizantes pueden influir significativamente en el contenido de minerales de la fruta, mientras que la poda y la reducción pueden afectar la composición nutricional de manera que altera tanto la carga de la cosecha como el tamaño del fruto.

Asimismo, la precipitación en la finca Las Marías, pudo afectar la cantidad de fertilizantes y de materia orgánica que el árbol de achachairú obtuvo a través de arrastres de hojas y/o de fertilizantes de otros árboles cercanos durante su fase de floración y de desarrollo del fruto. En la Gráfica 1 podemos ver la precipitación anual acumulada de la finca para el periodo de enero a junio de los años 2012 al 2014 la cual fue de 1153 mm, 1091 mm y 629 mm, respectivamente. En el año 2014 el árbol de achachairú recibió una menor precipitación de lluvias (629 mm) (Gráfica 1) lo cual pudo influir en la variación de la composición química de la fruta (Tabla 9).



Gráfica 1. Precipitación de lluvia anual acumulada de la finca en Las Marías en los años 2012 al 2014

5.4 Azúcares de la pulpa de Achachairú

5.4.1 Azúcares reductores

Se observó un incremento en los azúcares reductores promedios de la pulpa del achachairú a medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento para 2 años de cosecha (Tabla 10). Hubo una interacción año de cosecha por tiempo de almacenamiento (interacción significativa, $p = 0.0001$) (Tabla 10, Apéndice 5), indicando que el porcentaje de azúcares reductores fue diferente entre los años de cosecha a los distintos tiempos de almacenamiento. Los azúcares reductores aumentaron aproximadamente un 4 a 8 % al final del almacenamiento en cada cosecha.

Los azúcares reductores promedio del achachairú en el día inicial del almacenamiento de los 2 años de cosecha (5.43 %) (Tabla 10) fueron mayores que los de la pulpa del achachairú de Brasil (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) (4.93 %) (Da Fonseca, 2012). Aunque en ésta investigación la media general de azúcares reductores del achachairú cosechado en el año 2014 (4.77 %) (Tabla 10) fue similar a la obtenida por Da Fonseca (4.93 %), fue mayor a la reportada por Aguiar (2006) (3.95 %) de la fruta bacuri (*Platonia insignis* Mart.) la cual es pariente de la familia *Clusiaceae*.

En un estudio realizado por Fontenele (2007) en frutas maduras de bacuri almacenadas a temperatura de 23 °C/72 % HR por 25 días sin y con película de PVC “Cloruro de Polivinilo” (atmósfera modificada), hubo una reducción en los azúcares reductores de 4.50 a 3.23 % y de 4.50 a 2.62 %, respectivamente. Este mismo autor hizo otro estudio a distintas temperaturas (12 °C y 25 °C a 85-90 % HR) por 42 días de almacenamiento cubiertos con película/PVC (atmósfera modificada), en donde el contenido de azúcares reductores del bacuri a 12 °C estuvo entre 4.97 a 4.40 % y a temperatura ambiente estuvo entre 4.97 a 2.53 % por 35 días, siendo que al 21^{avo} día fue de 5.38 %.

Cao, Yang y Zheng (2013) estudiaron la fruta níspero (*Eriobotrya japonica* L.) almacenada a 1 °C, y obtuvieron un incremento de azúcares reductores (glucosa y fructosa) en los primeros 25 días de almacenamiento para el cultivar ‘Ninghaibai’ entretanto los niveles de sacarosa y sorbitol disminuían. Los autores indicaron que los cambios en las enzimas que metabolizan la sacarosa durante el

almacenamiento, podrían ser la causa del aumento en hidrólisis de sacarosa y de la acumulación de fructosa y glucosa en el níspero. Por otro lado, estos mismos autores indican que los azúcares tienen la finalidad de proteger las plantas contra el estrés por frío “chilling stress”. Purvis y Grierson (1982) propusieron en su estudio que los azúcares reductores (fructosa y glucosa) en toronjas estaban comprometidos en el aumento de tolerancia al frío.

Valle-Guadarrama, Ruiz-Sánchez, Saucedo-Velez, Gómez-Cruz y Marroquín-Andrade (2012) estudiaron la fruta ilama (*Annona diversifolia* Saff.) en su madurez de consumo, almacenada a 20 °C, en atmósfera modificada (AM) y en atmósfera de aire natural (AN) por 9 días de almacenamiento. En ambos tratamientos de las frutas se observó un incremento en azúcares reductores hasta el día 8 de almacenamiento, siendo AM el tratamiento de mayor cantidad de dichos azúcares.

5.4.2 Azúcares totales, Sacarosa, Glucosa y Fructosa por HPLC

Los azúcares en la pulpa del achachairú de Puerto Rico fueron identificados según los tiempos de retención (t_r) de los picos presentados en los cromatogramas del equipo HPLC confirmándolos con estándares conocidos. Los tres azúcares identificados fueron: sacarosa ($t_r = 7.6$ min), glucosa ($t_r = 9.5$ min) y fructosa ($t_r = 11.8$ min) (Figuras 9 - 13).

Se obtuvieron interacciones año de cosecha por tiempo de almacenamiento para los azúcares totales, sacarosa, glucosa y fructosa (todas las interacciones fueron significativas, $p = 0.0001$) (Tabla 10), indicando que fueron diferentes entre los años de cosecha a los distintos tiempos de almacenamiento. Se observó un incremento en los azúcares totales, glucosa y fructosa al final del almacenamiento para los 2 años de cosecha (Tabla 10). Sin embargo, la sacarosa aumentó significativamente en el día 15 de almacenamiento de ambas cosechas (7.39 g/100 g y 11.61 g/100 g), seguido de una disminución en el día 20 (3.41 g/100 g y 10.77 g/100 g).

Tabla 10. Promedio de Azúcares Reductores, Azúcares Totales, Sacarosa, Glucosa y Fructosa del Achachairú cosechado en los años 2013 y 2014 según el tiempo de almacenamiento a 25 °C /75 % HR

Tiempo de almacenamiento (Días)	*Azúcares reductores (%)	*Azúcares totales (g/100 g)	*Sacarosa (g/100 g)	*Glucosa (g/100 g)	*Fructosa (g/100 g)
Cosecha 2013					
0	6.08 ^{fg} ±0.23	12.69 ^c ±0.22	5.72 ^c ±0.23	3.41 ^{cd} ±0.11	3.56 ^{de} ±0.11
5	7.18 ^{ef} ±0.23	15.29 ^{bc} ±0.22	4.29 ^f ±0.23	5.53 ^a ±0.11	5.47 ^b ±0.11
10	9.70 ^c ±0.23	14.86 ^{cd} ±0.22	3.26 ^g ±0.23	5.80 ^a ±0.11	5.81 ^{ab} ±0.11
15	12.64 ^b ±0.23	15.89 ^b ±0.22	7.39 ^d ±0.23	4.12 ^b ±0.11	4.38 ^c ±0.11
20	14.20 ^a ±0.23	15.39 ^{bc} ±0.22	3.41 ^{fg} ±0.23	5.97 ^a ±0.11	6.01 ^a ±0.11
Cosecha 2014					
0	4.77 ^h ±0.23	14.14 ^d ±0.18	9.23 ^c ±0.19	2.29 ^e ±0.09	2.62 ^f ±0.09
5	5.25 ^{gh} ±0.23	15.15 ^{bc} ±0.18	9.75 ^c ±0.19	2.54 ^e ±0.09	2.87 ^f ±0.09
10	5.81 ^{gh} ±0.23	15.01 ^{bcd} ±0.18	9.90 ^{bc} ±0.19	2.45 ^e ±0.09	2.66 ^f ±0.09
15	8.06 ^{de} ±0.23	18.12 ^a ±0.18	11.61 ^a ±0.19	3.17 ^d ±0.09	3.33 ^c ±0.09
20	9.16 ^{cd} ±0.23	18.26 ^a ±0.18	10.77 ^{ab} ±0.19	3.68 ^{bc} ±0.09	3.81 ^d ±0.09
p-valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
DMS	1.14	0.95	0.97	0.48	0.45
CV(%)	4.74	3.52	6.95	7.61	6.80

Media de 3 determinaciones para azúcares reductores ± el error estándar. Media de 7 determinaciones para azúcares totales, sacarosa, glucosa y fructosa para las cosechas de 2013 y 2014 ± el error estándar. Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$, Prueba de Tukey). *Hubo interacción.

Los valores más altos de azúcares totales se observaron en el día 15 en el año 2013 y en el día 20 en el 2014 (15.89 g/100 g y 18.26 g/100 g) (Tabla 10), dichos resultados concuerdan con los valores más altos de °Brix obtenidos (17.57 y 21.75 °Brix) (Tabla 8).

Los azúcares totales promedio de la pulpa del achachairú de Puerto Rico en el día inicial del almacenamiento para las 2 cosechas (13.42 g/100 g) (Tabla 10) fueron menores que los del achachairú de Brasil (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) (16.92 g/100 g) (Da Fonseca, 2012) y los del achachairú “selecto” de Bolivia (16.11-16.27 g/100 g) (Ardaya, 2009). De igual manera, la sacarosa promedio del achachairú de Puerto Rico (7.48 g/100 g) (Tabla 10) fue menor que la del achachairú de Brasil (11.39 g/100 g) (Da Fonseca, 2012).

En varios estudios de frutas se ha demostrado que los niveles de sacarosa, D-glucosa y D-fructosa aumentan con el progreso de la madurez (Wu *et al.*, 2007; Zielinski *et al.*, 2014; Bernardes-Silva, Lajolo y Cordenunsi, 2003; França y Narain, 2003; y Hernández *et al.*, 2007). Mientras la fruta se desarrolla y madura, el almidón se degrada en azúcares solubles, ácidos y componentes parietales seguido de una gran acumulación de agua (Zielinski *et al.*, 2014).

Silva *et al.*, (2010) estudiaron la perdurabilidad de la pulpa de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) y verificaron diferencias en los contenidos de azúcares totales en las muestras analizadas, los cuales variaron de 10.11 a 13.65 % durante el almacenamiento a -20 °C por 12 meses. Según Chitarra y Chitarra (2005) la hidrólisis del almidón, la degradación de los polisacáridos de las paredes celulares y la pérdida de agua por los frutos pueden colaborar en el aumento de azúcares durante el periodo de almacenamiento.

Arjona *et al.*, (1992) investigaron como afecta la temperatura y el tiempo de almacenamiento a la calidad de la parcha amarilla (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) almacenada a 15, 30 y 45 días a 5, 10 y 15 °C de temperaturas, y encontraron que la fructosa y la glucosa disminuyeron con el tiempo de almacenamiento a 15 °C, y que en los almacenamientos a 5 y a 10 °C la glucosa aumentó linealmente mientras que la fructosa no cambió. El rompimiento de la sacarosa puede ser la causa del aumento en glucosa en la fruta almacenada a 5 °C. El consumo de fructosa y glucosa durante la respiración de la fruta almacenada a 15 °C puede justificar el bajo contenido de estos azúcares correspondiente al almacenamiento a 5 o 10 °C. La senescencia de la fruta puede explicar la caída acentuada en azúcares de la fruta a los 45 días de almacenamiento a 15 °C.

En un estudio realizado por Shaffiq *et al.*, (2013) en 11 especies de frutas silvestres maduras, los azúcares comúnmente encontrados en todas las frutas fueron glucosa y fructosa, y que estos altos contenidos de estos azúcares reductores pueden ser atribuidos a la hidrólisis de la sacarosa durante la maduración (ver Figura 8).

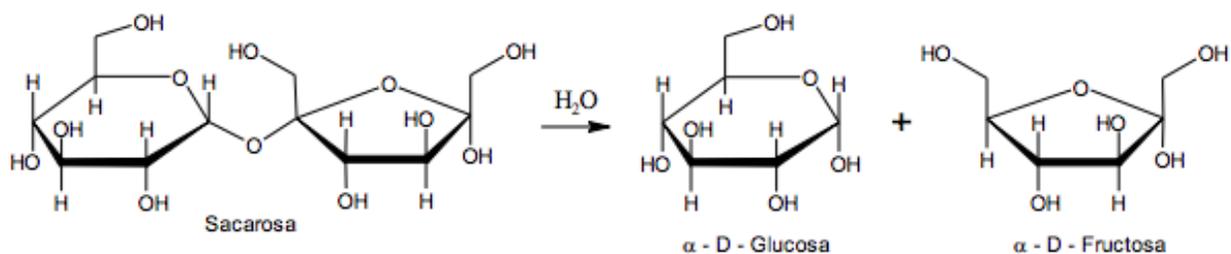


Figura 8. Hidrólisis de Sacarosa

Matta, Arjona, Garner y Silva (2006) estudiaron el efecto del tiempo de cosecha y del tratamiento con etileno en la calidad postcosecha de la parcha violeta (*Passiflora edulis* Sims) en tres etapas de desarrollo: madurez-verde, cosechada a 55 días después de anthesis (DAA); madurez-verde, cosechada a 60 DAA; y completamente madura, cosechada a 70- 80 DAA. Las frutas almacenadas por 10 días a 10 °C de temperatura fueron expuestas a etileno por 35 horas y se mantuvieron a 21 °C por 48 horas. Durante el almacenamiento, las frutas cosechadas a 55 o 60 DAA mostraron una disminución de sacarosa. El contenido de sacarosa de las frutas cosechadas a 55 DAA y expuestas a etileno, fue menor que las mismas frutas sin el tratamiento de etileno, pero semejante al de las frutas maduras en la enredadera (70-80 DAA). Es decir, el contenido de sacarosa siguió siendo el mismo si la fruta maduró en la enredadera o por inducción con etileno luego de la cosecha.

La sacarosa se metaboliza en el almacenamiento produciendo fructosa y glucosa de tal manera que contribuye en la disminución de sacarosa y en el incremento de fructosa y de glucosa (Jeffery, Smith, Goodenough, Prosser y Grierson, 1984).

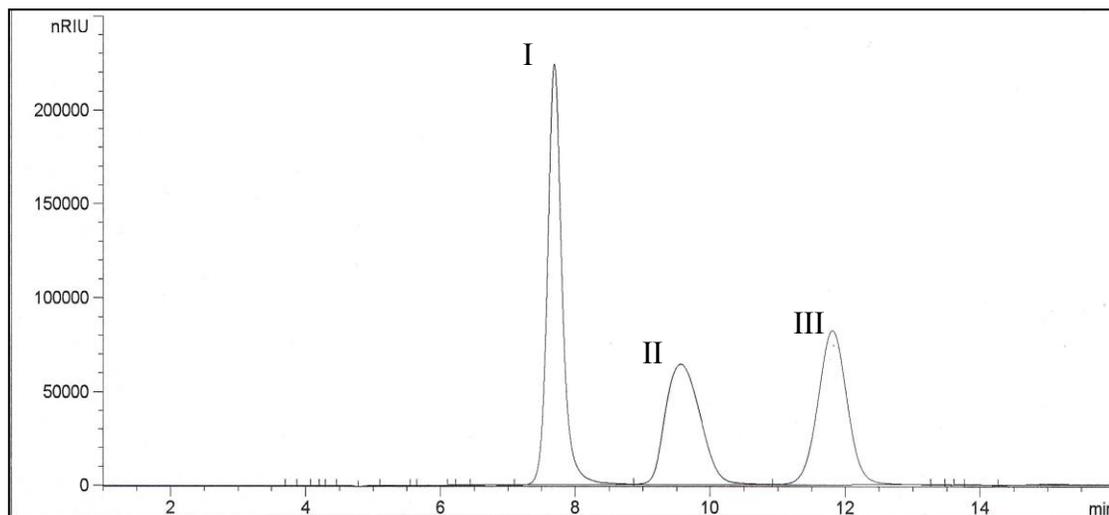


Figura 9. Cromatograma de la solución estándar con (I) sacarosa, 198.2 mg/ml; (II) D-glucosa, 147.4 mg/ml y (III) D-fructosa, 146.9 mg/ml

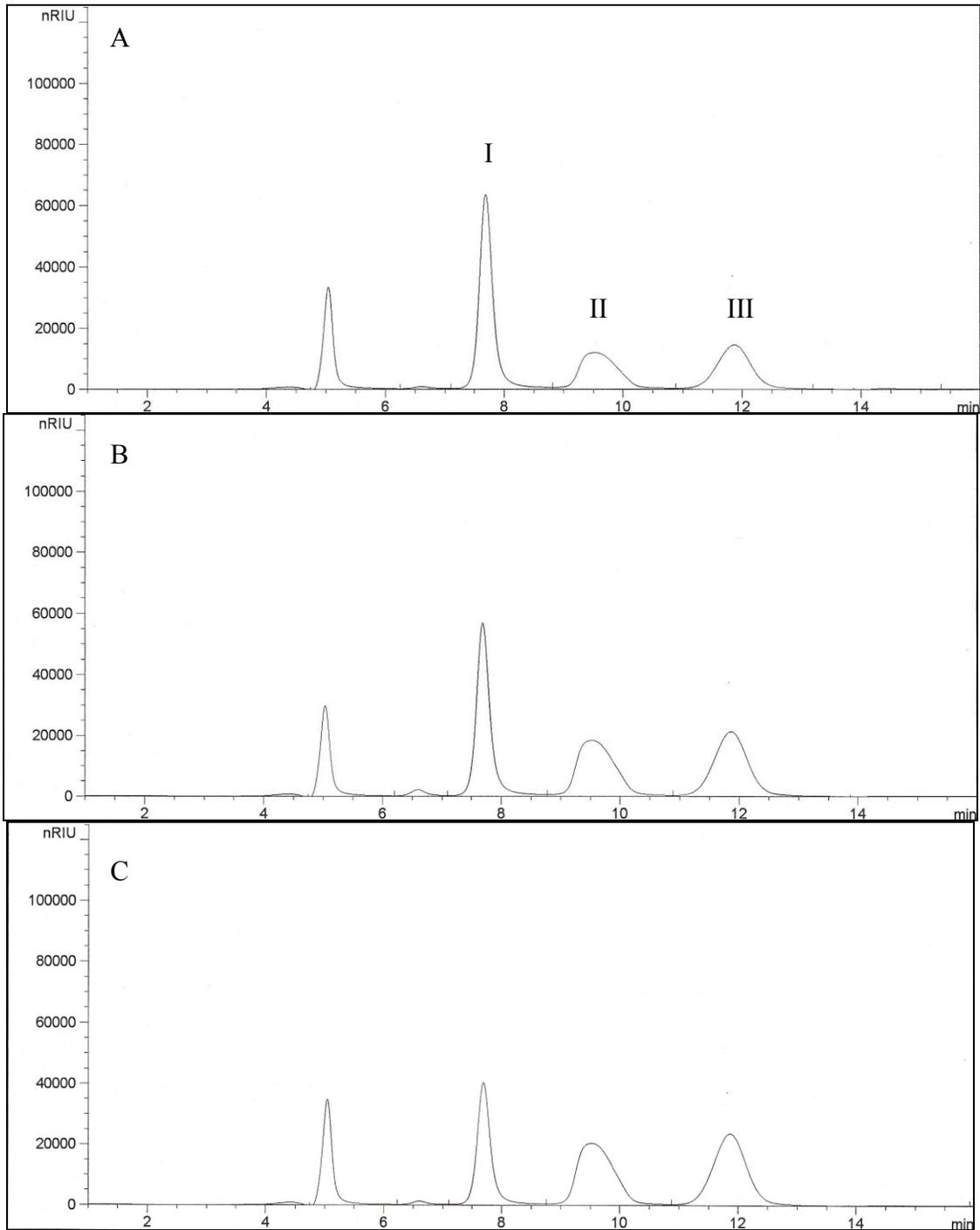


Figura 10. Cromatogramas de azúcares del achachairú cosechado en el año 2013. (A) día 0, (B) día 5 y (C) día 10 de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (I) sacarosa, (II) D-glucosa y (III) D-fructosa

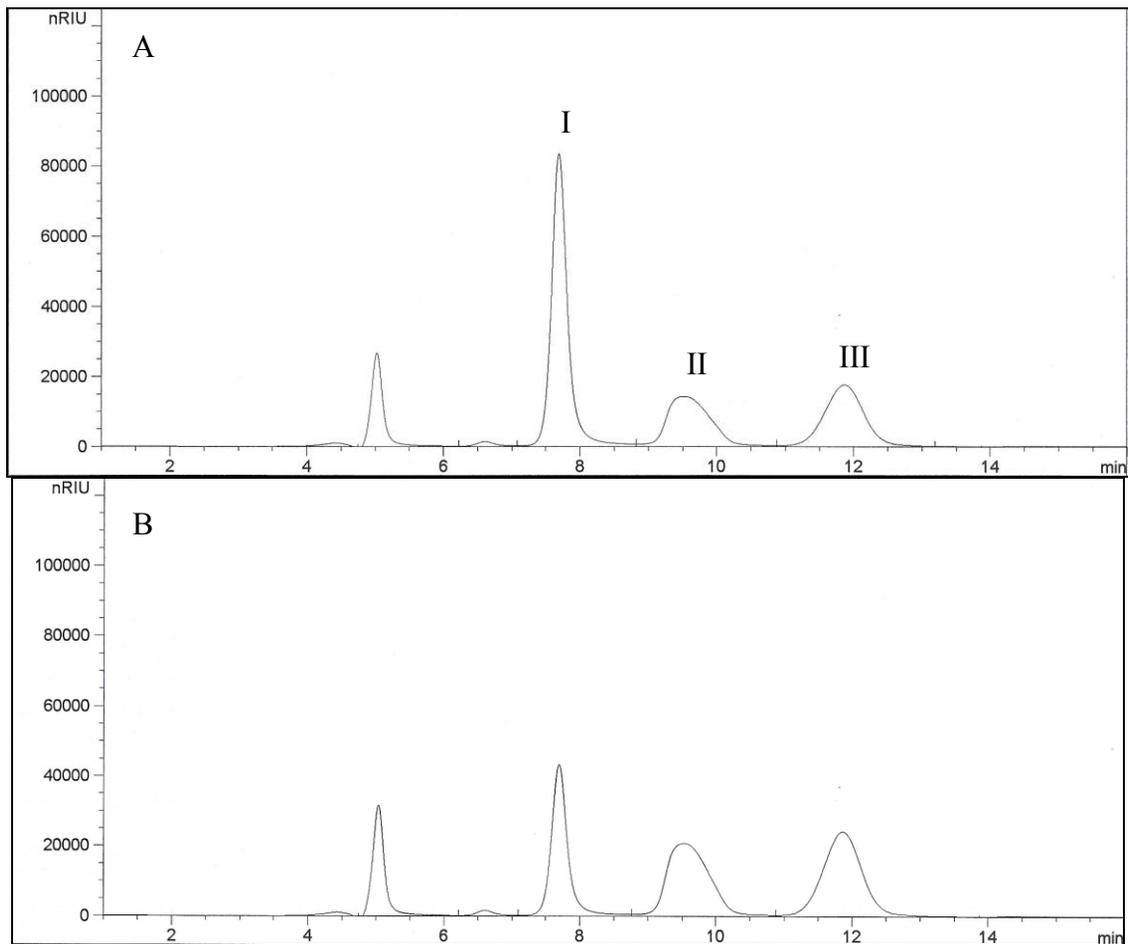


Figura 11. Cromatogramas de azúcares del achachairú cosechado en el año 2013. (A) día 15 y (B) día 20 de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (I) sacarosa, (II) D-glucosa y (III) D-fructosa

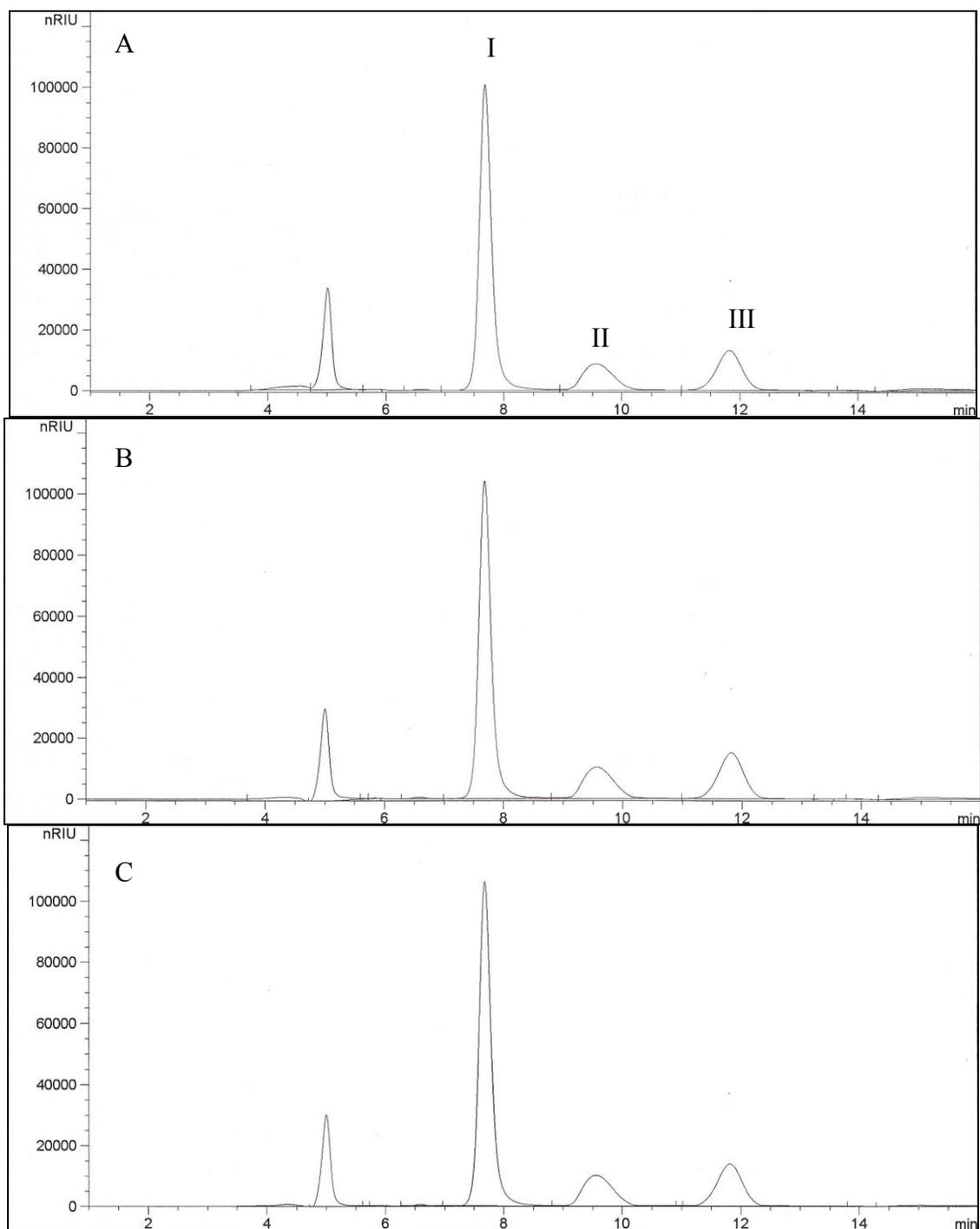


Figura 12. Cromatogramas de azúcares del achachairú cosechado en el año 2014. (A) día 0, (B) día 5 y (C) día 10 de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (I) sacarosa, (II) D-glucosa y (III) D-fructosa

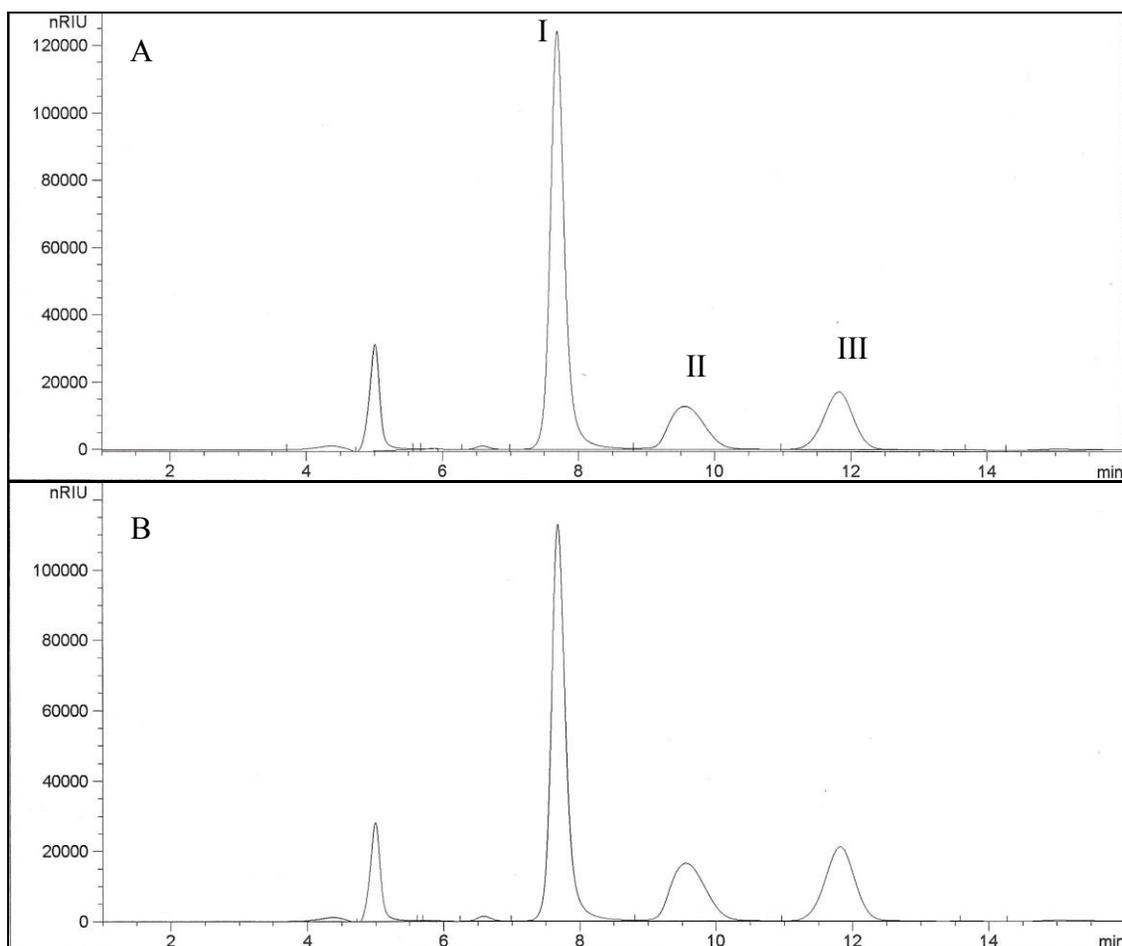


Figura 13. Cromatogramas de azúcares del achachairú cosechado en el año 2014. (A) día 15 y (B) día 20 de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR. (I) sacarosa, (II) D-glucosa y (III) D-fructosa

5.5 Aceptabilidad del Achachairú

5.5.1 Análisis sensorial

En el año 2012 el achachairú tuvo una aceptación general: “me gusta mucho” en el tiempo 0 de almacenamiento. Los resultados de la prueba del grado de aceptación o rechazo del achachairú por los 50 consumidores en una escala hedónica del 1 (“Me disgusta extremadamente”) al 9 (“Me gusta extremadamente”) fue de 8.3 (Apéndice 4).

Los comentarios generales de 8 consumidores fueron: “la fruta tuvo un sabor delicioso”, “la acidez fue muy buena”, “tuvo un sabor suave”, y “es dulce y jugosa”. Sin embargo hubo un consumidor que percibió que la fruta dejaba un poco de sabor amargo.

En los años 2013 y 2014 el achachairú tuvo una aceptación general promedio en sabor (6.2-6.4) y dulzor (6.1-6.2): “me gusta mucho” en el tiempo 0 y 15; aroma (5.7 para ambos tiempos): “me gusta un poco” y “me gusta mucho”; acidez (5.9-6.0): “me gusta un poco” y “me gusta mucho” en el tiempo 0, y en el día 15 “me gusta mucho”; jugosidad (6.0-6.1): en el tiempo 0 “me gusta un poco” y “me gusta mucho”, y en el día 15 “me gusta mucho”. En la Tabla 11 se muestran los resultados de la degustación del achachairú de los años 2013 y 2014 de los días 0 y 15 de almacenamiento. En este análisis sensorial se utilizó la escala hedónica del 1 al 7 para medir los atributos de sabor general, dulzor, aroma, acidez y jugosidad. No se observó diferencia significativa ($p > 0.05$) en ninguno de los atributos de ambas cosechas ni en los tiempos de almacenamiento (Tabla 11).

En los años 2013 y 2014 los comentarios de los consumidores para el tiempo cero fueron: “la fruta tuvo un sabor bueno”, “refrescante”, “rico”, “ligeramente agrídulce” y “con una acidez y un dulzor balanceado”. En cuanto a la textura, los consumidores indicaron que “tiene una textura cremosa y suave”. Dos consumidores manifestaron que la fruta deja un leve sabor astringente y amargo después de degustarla.

Un sólo consumidor comentó que la fruta después de quince días de almacenada no se hacía apetecible por el aspecto de la cáscara. La mayoría de los consumidores comentaron que la fruta estaba un poco más dulce, que tenía menor cantidad de pulpa y era menos jugosa, pero mantenía el sabor delicioso y ligeramente más ácido. Tres consumidores percibieron un ligero sabor astringente y amargo.

Aunque el número de consumidores que evaluaron el achachairú en las cosechas de los años 2013 y 2014 fue menor de 50, los resultados obtenidos concuerdan con los de la prueba de aceptación realizada con achachairú cosechado en el año 2011, en la cual participaron 128 panelistas. En este caso, se evaluó el sabor, la textura, el tamaño, el aroma y la aceptación general, utilizando una escala

hedónica del 1 al 9, en donde 1 = “me disgusta muchísimo” y 9 = “me gusta muchísimo”. Según los resultados obtenidos, los puntajes promedio para estos atributos fueron 7.8, 7.6, 6.8, 7.0 y 7.8, respectivamente. Por otro lado, al comparar con otras frutas (naranja, mango, banana y manzana), el achachairú fue la segunda fruta de mayor preferencia entre los consumidores, obteniendo una puntuación promedio de 7.9 luego de la naranja, la cual obtuvo una de 8.1. Los atributos en los que el achachairú presentó una mayor preferencia fueron el sabor, la aceptación general y la textura; sin embargo, aquellos en los que obtuvo valores más bajos fueron el tamaño y el aroma. Según los consumidores, el atributo más importante para evaluar la preferencia de una fruta fue el sabor y el menos importante fue el tamaño (Barragán y Chávez, 2011).

Los resultados de aceptación del sabor general de esta investigación de los años 2012, 2013 y 2014 se comparan con las pruebas de aceptabilidad de la fruta camuru (*Garcinia madruno*) de sabor agridulce. Los autores afirman que la valoración que le dieron al sabor fue de: “muy agradable” y “agradable” (en una escala hedónica del 1 al 7) (Chávez-Cury, Abela, Bravo, Peñarrieta y Rendón, 2012).

Palapol *et al.* (2009) afirman que no importa en que estado de madurez sea cosechado el mangostán (*Garcinia mangostana* L.) porque todos llegaron a madurar y que no hubo diferencia significativa en la aceptación ni en el sabor general. Los jueces valoraron al mangostán como “buena” y “muy buena”.

Marsh, Friel, Gunson, Lund y MacRae (2006) indican que las preferencias de frutas por los consumidores se fundamentan en el dulzor, acidez y sabores típicos de las frutas.

Tabla 11. Promedio de evaluación de atributos del Achachairú cosechado en los años 2013 y 2014 en los días 0 y 15 de almacenamiento a 25 °C y 75 % HR

Tiempo de almacenamiento	Dulzor	Aroma	Acidez	Sabor General	Jugosidad
(Días)	(1-7)	(1-7)	(1-7)	(1-7)	(1-7)
0	6.1 ^a	5.7 ^a	5.9 ^a	6.2 ^a	6.1 ^a
15	6.2 ^a	5.7 ^a	6.0 ^a	6.4 ^a	6.0 ^a
p-valor	0.5696	0.8075	0.4860	0.2177	0.4937
EE	0.12	0.18	0.16	0.11	0.13
DMS	0.33	0.51	0.45	0.30	0.36
CV(%)	10.63	17.77	14.90	9.49	11.91

Media de 16 determinaciones para cada cosecha. Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$, Prueba de Tukey).

6. CONCLUSIONES

- ✓ La apariencia externa y el análisis sensorial medidos en esta investigación permite limitar la vida útil de postcosecha del Achachairú a 15 días cuando se almacena a temperatura ambiente.
- ✓ La firmeza, pérdida de peso, sólidos solubles totales y el contenido de azúcares reductores del Achachairú fueron parámetros que variaron durante los 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.
- ✓ Las frutas de Achachairú presentan características físicas y químicas que podrían ser utilizadas por la industria de alimentos, tanto como frutas frescas o procesadas (i.e. jugos, conservas, mermeladas, bebidas alcohólicas).

7. RECOMENDACIONES

- ✓ Determinar el largo de vida útil del achachairú en almacenamiento a temperatura de refrigeración a 10 °C ya que dicha temperatura ha sido la recomendada para esta misma fruta por otros autores.

8. REFERENCIAS

- Aguiar, L. P. (2006). *Qualidade e potencial de utilização de bacuris (Platonia insignis Mart.) oriundos da região meio-norte*. (p. 70) (Tesis, Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza, Brasil). Recuperado de <http://www.ppgcta.ufc.br/larissaaguiar.pdf>
- Aguiar, L. P., Figueiredo, R. W., Alves, R. E., Maia, G. A., & Souza, V. D. (2008). Caracterização física e fisico-química de frutos de diferentes genótipos de bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.). *Ciência e tecnologia de alimentos, Campinas*, 28(2), 423-428.
- American Oil Chemist's Society (AOCS). (2004). *Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction*. [Método oficial Am 5-04]. Recuperado de https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/CrudeFat_0504_013009.pdf
- American Oil Chemist's Society (AOCS). (2006). *Crude fiber analysis in feeds by filter bag technique*. [Método oficial Ba 6a-05]. Recuperado de http://agronomy.ifas.ufl.edu/pdfs/crudefiber120606_2000.pdf
- Apiratikorn, S., Sdoodee, S., Lerslerwong, L., & Rongsawat, S. (2012). The impact of climatic variability on phenological change, yield and fruit quality of mangosteen in Phatthalung province, Southern Thailand. *Kasetsart journal of (Natural Science)*, 46(1), 1-9.
- Aponte, L. & Guadarrama, A. (2003). Actividad de las enzimas pectinmetilesterasa, poligalacturonasa y celulasa durante la maduración de frutos de parchita maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). *Revista de la facultad de agronomía, Maracay*, 29(2), 145-160.
- Ardaya, B. D. (Octubre, 2009). *El cultivo de achachairú Garcinia Humilis: Manual de recomendaciones*. (pp. 6-66). Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Centro de investigación agrícola tropical (CIAT). Recuperado de <https://frutales.files.wordpress.com/2011/01/o20-el-cultivo-de-achacairu.pdf>
- Arjona, H. E., Matta, F. B., & Garner, J. O. (1992). Temperature and storage time affect quality of yellow passion fruit. *HortScience*, 27(7), 809-810.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) International & Horwitz, W. (Ed.). (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International: Volume 2- Food composition; additives; natural contaminants*. (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA: AOAC International.
- Barbosa, W., & Artiole, F. A. (2007). *A fruta achachairú*. [Material complementario del blog de InfoBibos]. Recuperado de http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/achachairu/index.htm
- Barbosa, W., Chagas, E. A., Martins, L., Pio, R., Tucci, M. L. S. A., & Artioli, F. A. (2008). Germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de achachairu. *Revista brasileira de fruticultura, Jaboticabal - SP*, 30(1), 263-266.
- Barragán-Arce, M. J., & Chávez-Jáuregui, R. N. (2011). Consumer perception of Achachairú (*Garcinia gardneriana*): results of a pilot study. Puerto Rican Society for Agricultural Sciences Annual Meeting, 2011; 18 November 2011, Ponce, Puerto Rico (p. 29).

- Bernardes-Silva, A. P. F., Lajolo, F. M., & Cordenunsi, B. R. (2003). Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. *Ciência e tecnologia de alimentos, Campinas*, 23(Supl), 116-120.
- Blakeney, A. B., & Mutton, L. L. (1980). A simple colorimetric method for the determination of sugars in fruit and vegetables. *Journal of the science of food and agriculture*, 31(9), 889-897. doi: 10.1002/jsfa.2740310905
- Boonklong, O., Jaroensutasinee, M., & Jaruensutasinee, K. (Noviembre, 2006). Climate change affecting mangosteen production in Thailand. En *Proceedings of the 5th WSEAS International conference on environment, ecosystems and development, Venice, Italy*, 325-332. Recuperado de <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2006venice/papers/539-414.pdf>
- Cao, S. , Yang, Z., & Zheng, Y. (2013). Sugar metabolism in relation to chilling tolerance of loquat fruit. *Food chemistry* 136, 139-143. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.07.113
- Castro, M. F. P. P. M., Anjos, V. D. D. A., Rezende, A. C. B., Benato, E. A., & Valentini, S. R. D. T. (2012). Postharvest technologies for mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) conservation. *Food science and technology, Campinas*, 32(4), 668-672. doi: 10.1590/S0101-20612012005000103
- Cavalcante, I. H. L., Jesus, N. D., & Martins, A. B. G. (2006). Physical and chemical characterization of yellow mangosteen fruits. *Revista brasileira de fruticultura*, 28(2), 325-327.
- Cerdas Araya, M. D. M., Montero Calderón, M. & Somarribas Jones, O. (2014). Verificación del contenido de materia seca como indicador de cosecha para aguacate (*Persea americana*) cultivar Hass en zona intermedia de producción de Los Santos, Costa Rica. *Agronomía costarricense*, 38(1), 207-214.
- Chávez-Cury, G., Abela Gisbert, M. D. C., Bravo, J. A., Peñarrieta, J. M., & Rendón Porcel, W. J. (2012). Estudio del fruto comestible de la especie vegetal *Garcinia madruno*. *Revista boliviana de química*, 29(1), 87-93.
- Chitarra, M. I. F., & Chitarra, A. B. (2005). *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras, Brazil: UFLA.
- Da Fonseca, M. R. (2012). *Caracterização qualitativa de frutos de achachairu (Garcinia humilis (Vahl) C. D. Adam) cultivados em Moreno-PE*. (pp. 13-56). (Tesis, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, Brasil). Recuperado de http://www.pgcta.ufrpe.br/files/dissertacoes/2012/MARIA_RAFAELLA_FONSECA_PIMENTEL.pdf
- De la Cruz, J., Vargas, M., Del Angel, O. & Garcia, H. S. (2010). Estudio de las características sensoriales, fisicoquímicas y fisiológicas en fresco y durante el almacenamiento refrigerado de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* Sims var. Flavicarpa. Degener), para tres cultivares de Veracruz México. *Revista iberoamericana de tecnología postcosecha*, 11(2), 130-142.
- DeMan, J. M. (Ed.). (1999). *Principles of food chemistry*. (3^{ra} ed.) (p. 414). Gathersburg, MD,USA: Aspen.

- Departamento de agricultura de Puerto Rico - Estadísticas. (Abril, 2012). *Resumen grupos Alimenticios: Total 2010* preliminar (productos frescos + elaborados)*. [Material complementario del blog]. Recuperado de www.agriculturapr.gov
- De Souza Marques, E., Silva, S., Niero, R., Faloni de Andrade, S., Pires Rosa, P. C., Ferreira Perazzo, F., & Maistro, E. L. (2012). Genotoxicity assessment of *Garcinia achachairu* rusby (*Clusiaceae*) extract in mammalian cells *in vivo*. *Journal of ethnopharmacology*, 142(2), 362-366. doi:10.1016/j.jep.2012.04.045
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C.W. (2015). *InfoStat versión 2015*. Grupo InfoStat FCA: Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [Programa de computadora]. Recuperado de <http://www.infostat.com.ar>
- Dos Santos, C. E. M., Linhales, H., Pissioni, L. L. M., Carraro, D. D. C. S., Silva, J. O. D. C. E., & Bruckner, C. H. (2008). Perda de massa fresca dos frutos em progênies de maracujazeiro-amarelo. *Revista brasileira de fruticultura, Jaboticabal – SP*, 30(1), 219-222.
- Dutta, P. & Dhua, R. S. (2004). A study on physico-chemical changes during growth, maturity and ripening in mango cv. Safdar Pasand. *South indian horticulture*, 52(1-6), 297-301.
- Ensminger, M. E., Ensminger, A. H., Konlande, & Robson. (Eds.). (1993). *Foods & nutrition encyclopedia: Volume 1*. (2^{da} ed.) (p. 712). USA: CRC Press.
- Fontenele, M. A. (2007). *Conservação pós-colheita do bacuri sob condições ambiente e refrigeração associada à atmosfera modificada*. (pp. 57-139). (Tesis, Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza, Brasil). Recuperado de <http://www.ppgcta.ufc.br/mariaalves.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations – Statistical databases (FAOSTAT). (2011). “*Item 603 fruit, tropical (fresh) nes*”. Recuperado de <http://faostat3.fao.org/home/E>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations – Statistical databases (FAOSTAT). (2012a). *Production quantity - fruit, fresh nes – United States of America - 2012*. Recuperado de <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations – Statistical databases (FAOSTAT). (2012b). *Top production-fruit, tropical fresh nes-2012 and top production-Puerto Rico-2012*. Recuperado de <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>
- França, V. C., & Narain, N. (2003). Caracterização química dos frutos de três matrizes de acerola (*Malpighia emarginata* D. C.). *Ciência e tecnologia de alimentos, Campinas*, 23(2), 157-160. doi: 10.1590/S0101-20612003000200009
- Gajewski, M., Katarzyna, K., & Bajer, M. (2009). The influence of postharvest storage on quality characteristics of fruit of eggplant cultivars. *Notulae botanicae horti agrobotanici Cluj*, 37(2), 200-205.
- Gutiérrez, J. B. (2000). *Ciencia bromatológica: Principios generales de los alimentos*. (p. 326). Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.

- Hernández, M. S., Martínez, O., & Fernández-Trujillo, J. P. (2007). Behavior of arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) fruit quality traits during growth, development and ripening. *Scientia horticulturae*, *111*, 220-227. doi: 10.1016/j.scienta.2006.10.029
- Hollingsworth, P. (2001). Growing nutraceuticals. *Food technology*, *55*(9), 22-23.
- Hornick, S. B. (1992). Factors affecting the nutritional quality of crops. *American journal of alternative agriculture*, *7*(1-2), 63-68. doi: 10.1017/S0889189300004471
- Hui, Y. H. (2006). *Handbook of food science, technology, and engineering: Volume 1*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE). (Abril, 2010). *Perfil de mercado copoazú y achachairú*. (pp. 1-9). [Material complementario de un folleto]. Recuperado de http://ibce.org.bo/images/estudios_mercado/perfil_mercado_Copuas_u_AchacairuCB08.pdf
- Janick, J., & Paull, R. E. (2008). *The encyclopedia of fruits and nuts*. (pp. 272-273). Cambridge, MA, USA: CABI. doi: 10.1525/bio.2009.59.8.19
- Jeffery, D., Smith, P. Goodenough, I. Prosser, I., & Grierson, D. (1984). Ethylene independent and ethylene dependent biochemical changes in ripening tomatoes. *Plant physiology*, *74*(1), 32-38.
- Kader, A. A. (Ed.). (1992). *Postharvest technology of horticultural crops*. (2^{da} ed.) (pp. 21-187). Oakland, CA, USA: UCANR.
- Kader, A. A. (1999). Fruit maturity, ripening, and quality relationships. En *International symposium on effect of pre- and post harvest factors on storage of fruit*, *Acta horticulturae*, *485*, 203-208.
- Kader, A. A., & Barrett, D. M. (2004). Classification, composition of fruits, and postharvest maintenance of quality. En Barrett, D. M., Somogyi, L., & Ramaswamy, H. S. (Eds.), *Processing fruits: Science and technology* (2^{da} ed.) (pp. 3-22). Davis, CA, USA: CRC Press.
- Kader, A. A. (Ed.). (2011). *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. (3^{ra} ed.) (pp. 323-324). Davis, CA, USA: UCANR Publications.
- Klockow, A., Paulus, A., Figueiredo, V., Amadó, R., & Widmer, H. M. (1994). Determination of carbohydrates in fruit juices by capillary electrophoresis and high performance liquid chromatography. *Journal of chromatography A*, *680*(1), 187-200. doi: 10.1016/0021-9673(94)80067-7
- Lee, C. Y., Shallenberger, R. S., & Vittum, M. T. (1970). Free sugars in fruits and vegetables. *New York's food life science bulletin*, *1*, 1-12.
- Lim, T. K. (2012). *Edible medicinal and non-medicinal plants: Volume 2, Fruits*. (p. 60). doi:10.1007/978-94-007-1764-0

- Lorenzi, H., Sartori, S. F., Bacher, L. B. E., & Lacerda, M. T. C. (2006). *Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)*. (p. 127). São Paulo, Brasil: Instituto Plantarum de Estudos da Flora.
- Marsh, K. B., Friel, E. N., Gunson, A., Lund, C., & MacRae, E. (2006). Perception of flavour in standardised fruit pulps with additions of acids or sugars. *Food quality and preference* 17(5), 376-386. doi: 10.1016/j.foodqual.2005.04.011
- Matta, F. B., Arjona, H. E., Garner, J. O., & Silva, J. L. (Octubre, 2006). Studies on postharvest quality of passion fruit. (pp. 1-5). [Boletín informativo] *Mississippi State University: Bulletin 1153*, 1-9. Recuperado de <http://msucare.com/pubs/bulletins/b1153.pdf>
- Meilgaard, M. C., Carr, B. T., & Civille, G. V. (Eds.). (2006). *Sensory evaluation techniques*. (4th ed.) (p. 41). Boca Raton, FL, USA: CRC press.
- Nakasone, H. Y., & Paull, R. E. (1998). *Tropical fruits*. (p. 445). Oxford, UK: CAB International.
- Neves, L. C. (2012). Frutos- o remédio do futuro!. *Revista brasileira de fruticultura*, 34(4), 957-1306.
- Nielsen, S. (2014). pH and Titratable Acidity. En *Food Analysis* (4th ed.) (p. 233). Springer Science & Business Media.
- Noichinda, S., Bodhipadma, K., Singkhornart, S., & Ketsa, S. (2007). Changes in pectic substances and cell wall hydrolase enzymes of mangosteen (*Garcinia mangostana*) fruit during storage. *New Zealand journal of crop and horticultural science*, 35(2), 229-233. doi: 10.1080/01140670709510189
- Owino, W., Shibairo, S., Ambuko, J., & Yumbya, P. (2014). Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life and postharvest quality of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *Journal of postharvest technology*, 02(01), 025-036.
- Palapol, Y., Ketsa, S., Stevenson, D., Cooney, J. M., Allan, A. C., & Ferguson, I. B. (2009). Colour development and quality of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) fruit during ripening and after harvest. *Postharvest biology and technology*, 51, 349-353. doi:10.1016/j.postharvbio.2008.08.003
- Pantastico, ER. B., Chattopadhyay, T. K., & Subramanyam, H. (1979). Almacenamiento y operaciones comerciales de almacenaje. En Pantastico, ER. B. (Ed.). *Fisiología de la postrecolección manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales*. (pp. 375-405). México: Compañía Editorial Continental.
- Paul, I., Elaine, T. R., & Don, R. (2002). *Nutrition*. (p. 654). Sudbury, MA, USA: Jones and Bartlett.
- Proctor, A. & Miesle, T. J. (1991). Polygalacturonase and pectinmethylesterase activities in developing highbush blueberries. *HortScience*, 26(5), 579-581.
- Purvis, A. C., & Grierson, W. (1982). Accumulation of reducing sugars and resistance of grapefruit peel to chilling injury as related to winter temperatures. *Journal of american societies for horticultural science*, 107(1), 139-142.

- Reid, M. S. (1992). Maturation and Maturity Indices. En Kader, A. A. (Ed.). *Postharvest technology of horticultural crops* (2^{da} ed.) (pp. 21-28). Oakland, CA, USA: UCANR.
- Rodríguez, D. A. R., Gutiérrez, M. D. P. P., Lasprilla, D. M., Fischer, G., & Vanegas, J. A. G. (2005). Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento almacenamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.). *Revista facultad nacional de agronomía, Medellín*, 58(2), 2837-2857.
- Rouessac, F., & Rouessac, A. (Eds.). (2007). *Chemical analysis: Modern instrumentation methods and techniques*. (2^{da} ed.) (pp. 104-107). West Sussex, UK: John Wiley & Sons.
- Salman, M., Alghamdi, M. T., Bazaid, S. A., & Abdel-Hameed, E. S. (2011). Determination of fructose, glucose and sucrose in taif grape using high performance liquid chromatography and analysis of mineral salts. *Archives of applied science research*, 3(6), 488-496.
- Salunkhe, D. K., Bolin, H. R., & Reddy, N. R. (Eds.). (1991). *Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables: Volume I, Fresh fruits and vegetables*. (2^{da} ed.) (pp. 84-86). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Salunkhe, D. K., & Kadam, S. S. (1995). *Handbook of fruit science and technology: Production, composition, storage and processing*. (pp. 1-6). New York, NY, USA: Marcel Dekker.
- Selvaraj, Y., Pal, D. K., Diwakar, N. G., Purohit, A. G., & Shikhamany, S. D. (1978). Sugars, organic acids and amino acids in Anab-e-Shahi grape during growth development. *Journal of food science and technology*, 16, 136-139.
- Shaffiq, S. M. A., Sidik, B. J., Harah, Z. M., & Devi, R. S. (2013). Marketable wild fruits of Sarawak, Borneo: Their mode of consumption, uses and sugar profiles. *Indian journal traditional knowledge*, 12(2), 195-201.
- Siddiqui, M. W. (2008). *Studies on some aspects of mango ripening*. [Tesis, Department of post harvest technology of horticultural crops, Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya (BCKV) university, Nadia, India].
- Siddiqui, M. W. & Dhua, R. S. (2010). Eating artificially ripened fruits is harmful. *Current science*, 99(12), 1664-1668.
- Sidhu, J. S. & Al-Zenki, S. F. (2006). Fruits: Horticultural and functional properties. En Hui, Y. H. (Ed.). *Handbook of food science, technology, and engineering: Volume 1* (pp. 24-1 - 24.28). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Silva, V. K. L. D., Figueiredo, R. W. D., Brito, E. S. D., Maia, G. A., Sousa, P. H. M. D., & Figueiredo, E. A. T. (2010). Estabilidade da polpa do bacuri (*Platonia insignis* Mart.) congelada por 12 meses. *Ciência e agrotecnologia, Lavras*, 34(5), 1293-1300. doi:10.1590/S1413-70542010000500030
- Smolin, L. A., & Grosvenor, M. B. (2008). *Nutrition: Science and applications, Volume 1*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons.

- Teixeira, G. H. D. A., Durigan, J. F., Lima, M. A., Alves, R. E., & Filgueiras, H. A. C. (2005). Postharvest changes and respiratory pattern of bacuri fruit (*Platonia insignis* Mart.) at different maturity stages during ambient storage. *Acta amazônica*, 35(1), 17-21. doi:10.1590/S0044-59672005000100003
- Thorp, T. G., & Bielecki, R. (2002). *Feijoas: origins, cultivation and uses*. (p. 87). Auckland, New Zealand: David Bateman.
- United States Department of Agriculture/Economic Research Service (USDA/ERS). (2014). *Food availability - Fruit (fresh) in year 2012*. Recuperado de [http://www.ers.usda.gov/data-products/food-availability-\(per-capita\)-data-system/.aspx#26675](http://www.ers.usda.gov/data-products/food-availability-(per-capita)-data-system/.aspx#26675)
- United States Department of Agriculture (USDA). (2015). *How much fruit is needed daily? – Choose my plate*. Recuperado de <http://www.choosemyplate.gov/food-groups/fruits-amount.html>
- Utama, I. M. S., Mahendra, M. S., Gunadnya, I. B. P., & Janes, J. (2001). Attempts in preventing postharvest damages and extending the shelf life of mangosteen fruit. En *Proceeding of the 20th ASEAN/2nd APEC seminar on postharvest technology “Quality management and market access”*. Chiang Mai, Thailand, 11-14.
- Valle-Guadarrama, S., Ruiz-Sánchez, X. G., Saucedo-Veloz, C., Gómez-Cruz, A., & Marroquín Andrade, L. M. (2012). Comportamiento postcosecha de frutos de ilama (*Annona diversifolia*) en madurez comestible almacenados en atmósfera modificada. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(5), 75-81.
- Wills, R. B. H., Lee, T. H., Graham, D., McGlasson, W. B., & Hall, E. G. (Eds.). (1982). *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. (2^{da} ed.) (pp. 19-94). Kensington, Australia: AVI.
- Wills, R. B. H., McGlasson, W. B., Graham, D. & Joyce, D. C. (2007). Physiology and biochemistry. En *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetable and ornamentals* (pp. 28-51). Sydney, Australia: UNSW.
- Wosiacki, G., Nogueira, A., Denardi, F., & Vieira, R. G. (2007). Sugar composition of depectinized apple juices. *Semina: Ciências agrárias, Londrina*, 28(4), 645-652.
- Wu, J., Gao, H., Zhao, L., Liao, X., Chen, F., Wang, Z., & Hu, X. (2007). Chemical compositional characterization of some apple cultivars. *Food chemistry*, 103(1), 88-93. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.07.030
- Yanru, Z., Pandey, M., Prasad, N. K. & Srivastava, G. C. (1995). Ripening associated changes in enzymes and respiratory activities in three varieties of mango (*Mangifera indica* L.). *Indian journal of plant physiology*, 38(1), 73-76.
- Yashoda, H. M., Prabha, T. N. & Tharanathan, R. N. (2007). Mango ripening-role of carbohydrases in tissue softening. *Food chemistry*, 102(3), 691-698.

Yoon, J. H., Kim, K., & Lee, D-S. (1997). Chemometric aspects of sugar profiles in fruit juices using HPLC and GC. *Bulletin Korean chemical society*, 18(7), 695-702.

Zapata, M. P., & Rico, A. M. (s. f.). *Modulo manejo de cosecha y poscosecha de las frutas*. (pp. 16-20). [Material complementario del blog de Corpoica]. Recuperado de <http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/59456/59456.pdf>

Zielinski, A. A. F., Braga, C. M., Demiate, I. M., Beltrame, F. L., Nogueira, A., & Wosiacki, G. (2014). Development and optimization of a HPLC-RI method for the determination of major sugars in apple juice and evaluation of the effect of the ripening stage. *Food science and technology, Campinas*, 34(1), 38-43. doi: 10.1590/S0101-20612014005000003

9. APÉNDICES

9.1 Hoja de evaluación del panelista en el año 2012.

Universidad de Puerto Rico- Recinto Universitario de Mayagüez
CITA-Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos
Prueba Sensorial

Fecha:

Producto: fruta Achachairú

Número de panelista: _____

Instrucciones:

1. Usted recibirá 1 muestra identificada con números aleatorios de tres dígitos.
2. Pruebe y luego de su primera impresión responda cuánto le agrada o desagrada la fruta utilizando la escala del 1 al 9.
3. Si tiene algún comentario lo puede añadir en el espacio provisto al final de la hoja.

Número de Muestra: _____

Sabor general

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| 1. Me disgusta extremadamente | <input type="checkbox"/> |
| 2. Me disgusta mucho | <input type="checkbox"/> |
| 3. Me disgusta moderadamente | <input type="checkbox"/> |
| 4. Me disgusta levemente | <input type="checkbox"/> |
| 5. No me gusta ni me disgusta | <input type="checkbox"/> |
| 6. Me gusta levemente | <input type="checkbox"/> |
| 7. Me gusta moderadamente | <input type="checkbox"/> |
| 8. Me gusta mucho | <input type="checkbox"/> |
| 9. Me gusta extremadamente | <input type="checkbox"/> |

Comentarios:

9.2 Hoja de evaluación del panelista en los años 2013 y 2014.

Universidad de Puerto Rico- Recinto Universitario de Mayagüez
CITA-Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos
Prueba Sensorial

Fecha:

Producto: fruta Achachairú

Número de panelista: _____

Instrucciones:

1. Usted recibirá 1 muestra identificada con números aleatorios de tres dígitos.
2. Pruebe y luego de su primera impresión responda cuánto le agrada o desagradó la fruta utilizando la escala del 1 al 7.
3. Si tiene algún comentario lo puede añadir en el espacio provisto al final de la hoja.

Número de Muestra: _____

	Dulzor	Aroma	Sabor general	Jugosidad	Acidez
1. Me disgusta extremadamente	<input type="checkbox"/>				
2. Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>				
3. Me disgusta ligeramente	<input type="checkbox"/>				
4. Ni me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>				
5. Me gusta un poco	<input type="checkbox"/>				
6. Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>				
7. Me gusta extremadamente	<input type="checkbox"/>				

Comentarios:

9.3 Carta de exento del Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CPSHI).



**Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación
CPSHI/IRB 00002053**

Universidad de Puerto Rico – Recinto Universitario de Mayagüez
Decanato de Asuntos Académicos
Call Box 9000
Mayagüez, PR 00681-9000



30 de mayo de 2014

Srta. Marlyn Cotty Mas
Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos
Colegio de Ciencias Agrícolas
Recinto Universitario de Mayagüez
Call Box 9000
Mayagüez, PR 00681-9000

Estimada Srta. Cotty Mas:

Como presidente del Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CPSHI), he estudiado la documentación sometida para el proyecto titulado *Estudio de postcosecha del Achachairú (Garcinia spp) durante el almacenamiento.*

Hemos determinado que, por limitarse la participación de los seres humanos a un estudio sensorial de muestras de la fruta Achachairú, sin aditivo alguno, para determinar su aceptabilidad en cuanto a saber, dulzor, aroma, acidez y jugosidad, su proyecto está exento bajo la cláusula 45 CFR 46.101(b)(6) de todos los requisitos de la parte 45 CFR 46.

Cualquier cambio al protocolo o a la metodología deberá ser revisado y aprobado por el CPSHI antes de su implantación. El CPSHI deberá ser informado de inmediato de cualquier efecto adverso o problema inesperado que surgiera con relación al riesgo de los seres humanos, de cualquier queja sobre esta investigación y de cualquier violación a la confidencialidad de los participantes.

Agradecemos su compromiso con los más altos estándares de protección de los seres humanos en la investigación. Quedamos de usted,

Atentamente,

Rosa F. Martínez Cruzado, Ph.D.
Presidente
CPSHI/IRB
UPR - RUM

Teléfono: (787) 832 - 4040 x 6277, 3807, 3808 – Fax: (787) 831-2085 – Página Web: www.uprm.edu/cpsi
Email: cpsi@uprm.edu

9.4 Análisis de varianza en características físicas y químicas del Achachairú.

Variable dependiente: Peso

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso (g)	275	0.54	0.51	18.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16126.64	14	1151.90	21.63	<0.0001
Año	2789.72	2	1394.86	26.20	<0.0001
Día	12741.90	4	3185.47	59.82	<0.0001
Año*Día	686.10	8	85.76	1.61	0.1218
Error	13844.27	260	53.25		
Total	29970.91	274			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.55325

Error: 53.2472 gl: 260

Año	Medias	n	E.E.	
2013	42.12	100	0.73	A
2014	38.43	100	0.73	B
2012	34.05	75	0.84	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.80263

Error: 53.2472 gl: 260

Día	Medias	n	E.E.	
0	47.56	55	0.99	A
5	43.13	55	0.99	B
10	38.77	55	0.99	C
15	33.34	55	0.99	D
20	28.19	55	0.99	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Pérdida de peso

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pérdida de peso	275	0.94	0.93	19.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	43429.91	14	3102.14	267.81	<0.0001
Año	1302.60	2	651.30	56.23	<0.0001
Día	41542.51	4	10385.63	896.61	<0.0001
Año*Día	687.70	8	85.96	7.42	<0.0001
Error	3011.64	260	11.58		
Total	46441.55	274			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.85702

Error: 11.5832 gl: 260

Año	Día	Medias	n	E.E.				
2012	0	0.00	15	0.88				G
2012	5	9.44	15	0.88		E	F	
2012	10	18.07	15	0.88			D	
2012	15	26.95	15	0.88			C	
2012	20	40.03	15	0.88	A			
2013	0	0.00	20	0.76				G
2013	5	9.07	20	0.76				F
2013	10	19.31	20	0.76			D	
2013	15	28.42	20	0.76			C	
2013	20	35.89	20	0.76	B			
2014	0	0.00	20	0.76				G
2014	5	6.52	20	0.76				F
2014	10	13.05	20	0.76			E	
2014	15	21.78	20	0.76			D	
2014	20	29.54	20	0.76			C	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Longitud

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud (mm)	275	0.10	0.06	7.56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	514.41	14	36.74	2.17	0.0091
Año	31.32	2	15.66	0.93	0.3973
Día	417.72	4	104.43	6.18	0.0001
Año*Día	40.19	8	5.02	0.30	0.9665
Error	4395.84	260	16.91		
Total	4910.25	274			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.43873

Error: 16.9071 gl: 260

Año	Medias	n	E.E.	
2014	54.86	100	0.41	A
2012	54.25	75	0.47	A
2013	54.11	100	0.41	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.14274

Error: 16.9071 gl: 260

Día	Medias	n	E.E.		
0	55.74	55	0.56	A	
5	55.17	55	0.56	A	
10	55.14	55	0.56	A	
15	53.67	55	0.56	A	B
20	52.33	55	0.56		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Diámetro Externo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro externo (mm)	275	0.36	0.33	6.74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1107.95	14	79.14	10.55	<0.0001
Año	595.01	2	297.51	39.67	<0.0001
Día	454.30	4	113.58	15.14	<0.0001
Año*Día	82.42	8	10.30	1.37	0.2081
Error	1949.81	260	7.50		
Total	3057.76	274			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.95819

Error: 7.4993 gl: 260

Año	Medias	n	E.E.	
2013	42.34	100	0.27	A
2014	40.37	100	0.27	B
2012	38.65	75	0.32	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.42707

Error: 7.4993 gl: 260

Día	Medias	n	E.E.	
0	41.90	55	0.37	A
5	41.34	55	0.37	A
10	40.99	55	0.37	A B
15	39.79	55	0.37	B
20	38.26	55	0.37	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Grosor de la cáscara

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grosor	1100	0.29	0.28	29.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	257.16	14	18.37	32.07	<0.0001
Año	37.88	2	18.94	33.07	<0.0001
Día	214.94	4	53.73	93.81	<0.0001
Año*Día	3.95	8	0.49	0.86	0.5477
Error	621.52	1085	0.57		
Total	878.68	1099			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.13241

Error: 0.5728 gl: 1085

Año	Medias	n	E.E.	
2014	2.80	400	0.04	A
2013	2.46	400	0.04	B
2012	2.37	300	0.04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.19721

Error: 0.5728 gl: 1085

Día	Medias	n	E.E.			
0	2.99	220	0.05	A		
5	2.91	220	0.05	A		
10	2.66	220	0.05		B	
15	2.39	220	0.05			C
20	1.75	220	0.05			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Apariencia Externa

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Evaluación	275	0.81	0.80	51.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	348.33	14	24.88	77.74	<0.0001
Año	4.87	2	2.44	7.61	0.0006
Día	333.38	4	83.34	260.40	<0.0001
Año*Día	5.66	8	0.71	2.21	0.0272
Error	83.22	260	0.32		
Total	431.54	274			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.64114

Error: 0.3201 gl: 260

Año	Día	Medias	n	E.E.			
2012	0	0.00	15	0.15			D
2012	5	0.27	15	0.15			D
2012	10	0.40	15	0.15			D
2012	15	2.00	15	0.15			C
2012	20	2.93	15	0.15	A	B	
2013	0	0.00	20	0.13			D
2013	5	0.25	20	0.13			D
2013	10	0.50	20	0.13			D
2013	15	2.35	20	0.13		B	C
2013	20	3.10	20	0.13	A		
2014	0	0.00	20	0.13			D
2014	5	0.15	20	0.13			D
2014	10	0.35	20	0.13			D
2014	15	1.90	20	0.13			C
2014	20	2.25	20	0.13			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Número de semillas efectivas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. Semillas	275	0.37	0.33	33.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	38.41	14	2.74	10.75	<0.0001
Año	35.88	2	17.94	70.31	<0.0001
Día	0.62	4	0.16	0.61	0.6552
Año*Día	2.05	8	0.26	1.00	0.4345
Error	66.33	260	0.26		
Total	104.74	274			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.17674

Error: 0.2551 gl: 260

Año	Medias	n	E.E.
2013	1.98	100	0.05 A
2014	1.28	100	0.05 B
2012	1.17	75	0.06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.26322

Error: 0.2551 gl: 260

Día	Medias	n	E.E.
0	1.57	55	0.07 A
5	1.46	55	0.07 A
10	1.42	55	0.07 A
15	1.46	55	0.07 A
20	1.48	55	0.07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Variable dependiente: Peso de semillas

Medidas resumen

Día	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
0	Peso de semillas (g)	55	9.82	3.19	32.44	2.50	19.40

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de semillas (g)	275	0.28	0.24	26.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	559.57	14	39.97	7.25	<0.0001
Año	384.33	2	192.17	34.85	<0.0001
Día	120.23	4	30.06	5.45	0.0003
Año*Día	58.32	8	7.29	1.32	0.2326
Error	1433.53	260	5.51		
Total	1993.10	274			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.82160

Error: 5.5136 gl: 260

Año	Medias	n	E.E.		
2013	10.43	100	0.23	A	
2014	8.63	100	0.23		B
2012	7.51	75	0.27		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.22364

Error: 5.5136 gl: 260

Día	Medias	n	E.E.			
0	9.66	55	0.32	A		
5	9.32	55	0.32	A	B	
10	9.12	55	0.32	A	B	
15	8.38	55	0.32		B	C
20	7.82	55	0.32			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Peso de la pulpa

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de pulpa (g)	275	0.49	0.46	22.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1766.57	14	126.18	17.81	<0.0001
Año	342.37	2	171.19	24.16	<0.0001
Día	1340.01	4	335.00	47.28	<0.0001
Año*Día	78.31	8	9.79	1.38	0.2047
Error	1842.43	260	7.09		
Total	3609.00	274			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.93144

Error: 7.0863 gl: 260

Año	Medias	n	E.E.		
2013	13.08	100	0.27	A	
2014	11.45	100	0.27		B
2012	10.31	75	0.31		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.38722

Error: 7.0863 gl: 260

Día	Medias	n	E.E.			
0	14.69	55	0.36	A		
5	13.15	55	0.36		B	
10	11.73	55	0.36			C
15	10.20	55	0.36			D
20	8.29	55	0.36			E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Número de semillas atrofiadas

Medidas resumen

Año	Día	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
2012	0	No.Semillas Atrofiadas	15	1.33	0.72	54.28	0.00	3.00
2013	0	No.Semillas Atrofiadas	20	0.90	0.72	79.80	0.00	2.00
2014	0	No.Semillas Atrofiadas	20	2.35	1.27	53.96	1.00	4.00

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No.Semillas Atrofiadas	275	0.23	0.18	57.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	61.75	14	4.41	5.42	<0.0001
Año	33.66	2	16.83	20.68	<0.0001
Día	8.89	4	2.22	2.73	0.0297
Año*Día	20.87	8	2.61	3.21	0.0017
Error	211.62	260	0.81		
Total	273.37	274			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.02241

Error: 0.8139 gl: 260

Año	Día	Medias	n	E.E.				
2012	0	1.33	15	0.23		B	C	D
2012	5	2.60	15	0.23	A			
2012	10	2.07	15	0.23	A	B	C	
2012	15	2.00	15	0.23	A	B	C	
2012	20	1.40	15	0.23		B	C	D
2013	0	0.90	20	0.20				D
2013	5	1.25	20	0.20			C	D
2013	10	1.15	20	0.20			C	D
2013	15	1.35	20	0.20		B	C	D
2013	20	0.90	20	0.20				D
2014	0	2.35	20	0.20	A	B		
2014	5	1.60	20	0.20	A	B	C	D
2014	10	1.80	20	0.20	A	B	C	D
2014	15	1.70	20	0.20	A	B	C	D
2014	20	1.55	20	0.20		B	C	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Peso de la cáscara

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de cáscara (g)	275	0.42	0.39	26.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3552.31	14	253.74	13.54	<0.0001
Año	65.42	2	32.71	1.74	0.1767
Día	3237.85	4	809.46	43.18	<0.0001
Año*Día	314.76	8	39.35	2.10	0.0363
Error	4873.78	260	18.75		
Total	8426.09	274			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.90663

Error: 18.7453 gl: 260

Año	Día	Medias	n	E.E.							
2012	0	20.30	15	1.12	A	B					
2012	5	17.68	15	1.12	A	B	C				
2012	10	18.90	15	1.12	A	B					
2012	15	12.18	15	1.12			D	E	F		
2012	20	8.95	15	1.12						F	
2013	0	21.67	20	0.97	A						
2013	5	20.11	20	0.97	A	B					
2013	10	16.54	20	0.97			B	C	D	E	
2013	15	13.29	20	0.97				C	D	E	F
2013	20	12.10	20	0.97						E	F
2014	0	19.76	20	0.97	A	B					
2014	5	18.51	20	0.97	A	B					
2014	10	17.08	20	0.97	A	B	C	D			
2014	15	15.90	20	0.97			B	C	D	E	
2014	20	12.01	20	0.97						E	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: pH

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	45	0.75	0.63	3.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.72	14	0.12	6.31	<0.0001
Año	0.99	2	0.49	25.42	<0.0001
Día	0.57	4	0.14	7.28	0.0003
Año*Día	0.16	8	0.02	1.06	0.4181
Error	0.58	30	0.02		
Total	2.30	44			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.12553

Error: 0.0194 gl: 30

Año	Medias	n	E.E.	
2012	3.88	15	0.04	A
2013	3.62	15	0.04	B
2014	3.53	15	0.04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.19068

Error: 0.0194 gl: 30

Día	Medias	n	E.E.	
0	3.55	9	0.05	B
5	3.56	9	0.05	B
10	3.69	9	0.05	A B
15	3.80	9	0.05	A
20	3.81	9	0.05	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Firmeza

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Firmeza (N)	275	0.45	0.42	22.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1720.67	14	122.91	15.26	<0.0001
Año	571.14	2	285.57	35.47	<0.0001
Día	1058.83	4	264.71	32.88	<0.0001
Año*Día	58.48	8	7.31	0.91	0.5104
Error	2093.49	260	8.05		
Total	3814.17	274			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.99287

Error: 8.0519 gl: 260

Año	Medias	n	E.E.	
2012	13.87	75	0.33	A
2014	13.15	100	0.28	A
2013	10.52	100	0.28	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.47871

Error: 8.0519 gl: 260

Día	Medias	n	E.E.	
0	16.08	55	0.39	A
5	12.73	55	0.39	B
10	12.31	55	0.39	B C
15	11.19	55	0.39	C D
20	10.26	55	0.39	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Sólidos solubles totales (°Brix)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
°Brix (SST)	275	0.35	0.31	15.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1060.04	14	75.72	9.88	<0.0001
Año	332.39	2	166.19	21.70	<0.0001
Día	618.53	4	154.63	20.19	<0.0001
Año*Día	124.57	8	15.57	2.03	0.0430
Error	1991.60	260	7.66		
Total	3051.64	274			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.13654

Error: 7.6600 gl: 260

Año	Día	Medias	n	E.E.						
2012	0	15.33	15	0.71						F
2012	5	17.51	15	0.71				D	E	F
2012	10	18.84	15	0.71	A	B	C	D	E	
2012	15	20.67	15	0.71	A	B	C			
2012	20	20.13	15	0.71	A	B	C	D		
2013	0	15.27	20	0.62						F
2013	5	15.88	20	0.62					E	F
2013	10	16.92	20	0.62					E	F
2013	15	17.57	20	0.62			C	D	E	F
2013	20	17.31	20	0.62				D	E	F
2014	0	17.01	20	0.62				D	E	F
2014	5	17.92	20	0.62		B	C	D	E	F
2014	10	17.63	20	0.62			C	D	E	F
2014	15	21.03	20	0.62	A	B				
2014	20	21.75	20	0.62	A					

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Acidez titulable total (ATT)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Acidez titulable	45	0.99	0.98	4.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.46	14	0.10	143.69	<0.0001
Año	0.66	2	0.33	453.81	<0.0001
Día	0.46	4	0.12	159.65	<0.0001
Año*Día	0.34	8	0.04	58.17	<0.0001
Error	0.02	30	7.2E-04		
Total	1.48	44			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.08098

Error: 0.0007 gl: 30

Año	Día	Medias	n	E.E.					
2012	0	0.95	3	0.02	A				
2012	5	0.58	3	0.02		D	E	F	
2012	10	0.53	3	0.02			E	F	G
2012	15	0.38	3	0.02					I
2012	20	0.43	3	0.02				H	I
2013	0	0.94	3	0.02	A				
2013	5	0.80	3	0.02		B	C		
2013	10	0.88	3	0.02	A	B			
2013	15	0.75	3	0.02			C		
2013	20	0.63	3	0.02			D		
2014	0	0.51	3	0.02				F	G
2014	5	0.51	3	0.02				F	G
2014	10	0.60	3	0.02		D	E		
2014	15	0.49	3	0.02				G	H
2014	20	0.49	3	0.02				G	H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Relación SST/ATT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SST/ATT	275	0.83	0.82	16.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	32493.19	14	2320.94	88.51	<0.0001
Año	15143.82	2	7571.91	288.77	<0.0001
Día	13420.76	4	3355.19	127.96	<0.0001
Año*Día	5497.30	8	687.16	26.21	<0.0001
Error	6817.43	260	26.22		
Total	39310.62	274			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.80311

Error: 26.2209 gl: 260

Año	Día	Medias	n	E.E.					
2012	0	16.14	15	1.32					H
2012	5	30.18	15	1.32		C	D	E	
2012	10	35.55	15	1.32		C			
2012	15	53.01	15	1.32	A				
2012	20	46.82	15	1.32		B			
2013	0	16.24	20	1.15					H
2013	5	19.84	20	1.15					G H
2013	10	19.22	20	1.15					G H
2013	15	23.42	20	1.15				F	G
2013	20	27.47	20	1.15			E	F	
2014	0	33.34	20	1.15		C	D		
2014	5	34.46	20	1.15		C	D		
2014	10	29.38	20	1.15			D	E	
2014	15	42.92	20	1.15		B			
2014	20	44.38	20	1.15		B			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis Poximal: Humedad, Proteína, Fibra, Cenizas y Grasa

Variable dependiente: Humedad

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad	27	0.02	0.00	2.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.33	2	0.66	0.21	0.8148
Año	1.33	2	0.66	0.21	0.8148
Error	77.22	24	3.22		
Total	78.54	26			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.11158

Error: 3.2173 gl: 24

Año	Medias	n	E.E.
2013	78.25	9	0.60 A
2014	77.97	9	0.60 A
2012	77.70	9	0.60 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Medidas resumen

Año	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
2012	Humedad	9	77.70	2.73	3.52	72.10	79.62
2013	Humedad	9	78.25	1.10	1.41	77.12	79.72
2014	Humedad	9	77.97	0.98	1.26	76.74	78.92

Variable dependiente: Proteína

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína	27	0.52	0.48	17.39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.24	2	0.12	12.89	0.0002
Año	0.24	2	0.12	12.89	0.0002
Error	0.22	24	0.01		
Total	0.46	26			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.11280

Error: 0.0092 gl: 24

Año	Medias	n	E.E.
2013	0.65	9	0.03 A
2014	0.58	9	0.03 A
2012	0.42	9	0.03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Medidas resumen

Año	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
2012	Proteína	9	0.42	0.08	19.01	0.37	0.53
2013	Proteína	9	0.65	0.14	21.25	0.55	0.83
2014	Proteína	9	0.58	0.05	8.01	0.52	0.64

Variable dependiente: Fibra

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fibra	27	0.92	0.91	8.56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.27	2	0.14	139.85	<0.0001
Año	0.27	2	0.14	139.85	<0.0001
Error	0.02	24	9.7E-04		
Total	0.29	26			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03668

Error: 0.0010 gl: 24

Año	Medias	n	E.E.	
2013	0.50	9	0.01	A
2014	0.32	9	0.01	B
2012	0.27	9	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Medidas resumen**

Año	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
2012	Fibra	9	0.27	0.02	6.84	0.25	0.30
2013	Fibra	9	0.50	0.01	2.12	0.49	0.53
2014	Fibra	9	0.32	0.05	15.47	0.28	0.39

Variable dependiente: Cenizas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cenizas	27	0.87	0.86	13.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.36	2	0.18	79.23	<0.0001
Año	0.36	2	0.18	79.23	<0.0001
Error	0.05	24	2.3E-03		
Total	0.42	26			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.05624

Error: 0.0023 gl: 24

Año	Medias	n	E.E.	
2013	0.51	9	0.02	A
2012	0.30	9	0.02	B
2014	0.24	9	0.02	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Medidas resumen

Año	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
2012	Cenizas	9	0.30	0.05	16.01	0.23	0.38
2013	Cenizas	9	0.51	0.06	12.56	0.43	0.60
2014	Cenizas	9	0.24	0.02	9.47	0.20	0.27

Variable dependiente: Grasa

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grasa	27	0.47	0.43	23.11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	2	2.5E-03	10.71	0.0005
Año	0.01	2	2.5E-03	10.71	0.0005
Error	0.01	24	2.4E-04		
Total	0.01	26			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01805

Error: 0.0002 gl: 24

Año	Medias	n	E.E.	
2012	0.08	9	0.01	A
2014	0.07	9	0.01	A
2013	0.05	9	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Medidas resumen

Año	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
2012	Grasa	9	0.08	0.02	21.59	0.05	0.10
2013	Grasa	9	0.05	0.01	23.06	0.03	0.06
2014	Grasa	9	0.07	0.02	23.54	0.06	0.10

Variable dependiente: Análisis Sensorial (Evaluación): dulzor, aroma, sabor general, jugosidad y acidez

Año 2012, Día 0: Sabor General.

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
Evaluación	50	8.32	0.62	7.00	9.00

Años 2013 y 2014, Días 0 y 15: Acidez, Aroma, Dulzor, Jugosidad y Sabor General.

Análisis de la varianza

Característica Sensorial	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Acidez	Evaluación	64	0.03	0.00	14.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.30	3	0.43	0.54	0.6541
Año	0.14	1	0.14	0.18	0.6755
Día	0.39	1	0.39	0.49	0.4860
Año*Día	0.77	1	0.77	0.96	0.3303
Error	47.69	60	0.79		
Total	48.98	63			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.44582

Error: 0.7948 gl: 60

Año	Medias	n	E.E.
2013	6.03	32	0.16 A
2014	5.94	32	0.16 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.44582

Error: 0.7948 gl: 60

Día	Medias	n	E.E.
0	5.91	32	0.16 A
15	6.06	32	0.16 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Característica Sensorial	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Aroma	Evaluación	64	0.08	0.03	17.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.38	3	1.79	1.72	0.1732
Año	5.06	1	5.06	4.85	0.0315
Día	0.06	1	0.06	0.06	0.8075
Año*Día	0.25	1	0.25	0.24	0.6263
Error	62.63	60	1.04		
Total	68.00	63			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.51090

Error: 1.0437 gl: 60

Año	Medias	n	E.E.
2013	6.03	32	0.18 A
2014	5.47	32	0.18 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.51090

Error: 1.0437 gl: 60

Día	Medias	n	E.E.
0	5.78	32	0.18 A
15	5.72	32	0.18 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Característica Sensorial	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Dulzor	Evaluación	64	0.05	2.3E-04	10.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.30	3	0.43	1.00	0.3970
Año	0.77	1	0.77	1.78	0.1872
Día	0.14	1	0.14	0.33	0.5696
Año*Día	0.39	1	0.39	0.91	0.3445
Error	25.81	60	0.43		
Total	27.11	63			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.32800

Error: 0.4302 gl: 60

Año	Medias	n	E.E.
2013	6.28	32	0.12 A
2014	6.06	32	0.12 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.32800

Error: 0.4302 gl: 60

Día	Medias	n	E.E.
0	6.13	32	0.12 A
15	6.22	32	0.12 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Característica Sensorial	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Jugosidad	Evaluación	64	0.05	0.01	11.91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.81	3	0.60	1.15	0.3378
Año	1.00	1	1.00	1.90	0.1735
Día	0.25	1	0.25	0.47	0.4937
Año*Día	0.56	1	0.56	1.07	0.3057
Error	31.63	60	0.53		
Total	33.44	63			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.36306

Error: 0.5271 gl: 60

Año	Medias	n	E.E.
2013	6.22	32	0.13 A
2014	5.97	32	0.13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.36306

Error: 0.5271 gl: 60

Día	Medias	n	E.E.
0	6.16	32	0.13 A
15	6.03	32	0.13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Característica Sensorial	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sabor General	Evaluación	64	0.03	0.00	9.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.69	3	0.23	0.63	0.5971
Año	0.06	1	0.06	0.17	0.6795
Día	0.56	1	0.56	1.55	0.2177
Año*Día	0.06	1	0.06	0.17	0.6795
Error	21.75	60	0.36		
Total	22.44	63			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.30108

Error: 0.3625 gl: 60

Año	Medias	n	E.E.	
2013	6.38	32	0.11	A
2014	6.31	32	0.11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.30108

Error: 0.3625 gl: 60

Día	Medias	n	E.E.	
0	6.25	32	0.11	A
15	6.44	32	0.11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

9.5 Análisis de varianza en azúcares del Achachairú.

Variable dependiente: Azúcares Reductores

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Azúcares Reductores	30	0.99	0.98	4.74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	271.66	9	30.18	195.56	<0.0001
Año	84.22	1	84.22	545.61	<0.0001
Día	171.16	4	42.79	277.22	<0.0001
Año*Día	16.29	4	4.07	26.38	<0.0001
Error	3.09	20	0.15		
Total	274.75	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.13593

Error: 0.1544 gl: 20

Año	Día	Medias	n	E.E.			
2013	0	6.08	3	0.23			F G
2013	5	7.18	3	0.23			E F
2013	10	9.70	3	0.23		C	
2013	15	12.64	3	0.23	B		
2013	20	14.20	3	0.23	A		
2014	0	4.77	3	0.23			H
2014	5	5.25	3	0.23			G H
2014	10	5.81	3	0.23			G H
2014	15	8.06	3	0.23		D	E
2014	20	9.16	3	0.23		C	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Azúcar Total

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Azúcar total	75	0.91	0.90	3.52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	200.24	9	22.25	73.66	<0.0001
Año	30.88	1	30.88	102.24	<0.0001
Día	126.05	4	31.51	104.32	<0.0001
Año*Día	24.35	4	6.09	20.15	<0.0001
Error	19.63	65	0.30		
Total	219.88	74			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.94894

Error: 0.3021 gl: 65

Año	Día	Medias	n	E.E.			
2013	0	12.69	6	0.22			E
2013	5	15.29	6	0.22	B	C	
2013	10	14.86	6	0.22		C	D
2013	15	15.89	6	0.22	B		
2013	20	15.39	6	0.22	B	C	
2014	0	14.14	9	0.18			D
2014	5	15.15	9	0.18	B	C	
2014	10	15.01	9	0.18	B	C	D
2014	15	18.12	9	0.18	A		
2014	20	18.26	9	0.18	A		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Sacarosa

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sacarosa	75	0.97	0.96	6.95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	637.36	9	70.82	224.62	<0.0001
Año	532.67	1	532.67	1689.51	<0.0001
Día	75.53	4	18.88	59.89	<0.0001
Año*Día	37.36	4	9.34	29.62	<0.0001
Error	20.49	65	0.32		
Total	657.85	74			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.96947

Error: 0.3153 gl: 65

Año	Día	Medias	n	E.E.			
2013	0	5.72	6	0.23		E	
2013	5	4.29	6	0.23			F
2013	10	3.26	6	0.23			G
2013	15	7.39	6	0.23	D		
2013	20	3.41	6	0.23		F	G
2014	0	9.23	9	0.19		C	
2014	5	9.75	9	0.19		C	
2014	10	9.90	9	0.19	B	C	
2014	15	11.61	9	0.19	A		
2014	20	10.77	9	0.19	A	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Glucosa

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Glucosa	75	0.96	0.96	7.61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	125.73	9	13.97	178.04	<0.0001
Año	82.47	1	82.47	1051.00	<0.0001
Día	30.10	4	7.53	95.91	<0.0001
Año*Día	16.89	4	4.22	53.83	<0.0001
Error	5.10	65	0.08		
Total	130.83	74			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.48364

Error: 0.0785 gl: 65

Año	Día	Medias	n	E.E.			
2013	0	3.41	6	0.11		C	D
2013	5	5.53	6	0.11	A		
2013	10	5.80	6	0.11	A		
2013	15	4.12	6	0.11		B	
2013	20	5.97	6	0.11	A		
2014	0	2.29	9	0.09			E
2014	5	2.54	9	0.09			E
2014	10	2.45	9	0.09			E
2014	15	3.17	9	0.09			D
2014	20	3.68	9	0.09		B	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Fructosa

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fructosa	75	0.96	0.95	6.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	106.50	9	11.83	172.32	<0.0001
Año	71.25	1	71.25	1037.58	<0.0001
Día	25.13	4	6.28	91.50	<0.0001
Año*Día	13.47	4	3.37	49.03	<0.0001
Error	4.46	65	0.07		
Total	110.96	74			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.45246

Error: 0.0687 gl: 65

Año	Día	Medias	n	E.E.			
2013	0	3.56	6	0.11			D E
2013	5	5.47	6	0.11		B	
2013	10	5.81	6	0.11	A	B	
2013	15	4.38	6	0.11			C
2013	20	6.01	6	0.11	A		
2014	0	2.62	9	0.09			F
2014	5	2.87	9	0.09			F
2014	10	2.66	9	0.09			F
2014	15	3.33	9	0.09			E
2014	20	3.81	9	0.09			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)