



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**FRUTICULTURA**

## **EVALUACIÓN POSTCOSECHA DE GENOTIPOS DE CHIRIMOYA (*Annona cherimola* Mill.) CON POTENCIAL COMERCIAL COSECHADOS A DIFERENTES ESTADOS DE DESARROLLO**

**CAROLINA HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**

**T E S I S**  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO**  
2008

La presente tesis, titulada: "EVALUACIÓN POSTCOSECHA DE GENOTIPOS DE CHIRIMOYA (*Annona cherimola* Mill.) CON POTENCIAL COMERCIAL COSECHADAS A DIFERENTES ESTADOS DE DESARROLLO", realizada por la alumna: "Carolina Hernández Hernández", bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
FRUTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: \_\_\_\_\_

DRA. MA. DE LOURDES C. ARÉVALO GALARZA

ASESOR: \_\_\_\_\_

DR. CRESCENCIANO SAUCEDO VELOZ

ASESORA: \_\_\_\_\_

M.C. LILA MARGARITA MARROQUÍN ANDRADE

ASESOR: \_\_\_\_\_

M.C. ALVARO CASTAÑEDA VILDOZOLA

Montecillo, Estado de México, 4 de Julio del 2008

# EVALUACIÓN POSTCOSECHA DE GENOTIPOS DE CHIRIMOYA (*Annona cherimola* Mill.) CON POTENCIAL COMERCIAL COSECHADAS A DIFERENTES PERIODOS

Carolina Hernández Hernández, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2008

El objetivo de este trabajo fue conocer el comportamiento postcosecha de frutos de chirimoya de diferentes variedades cosechados en diferentes períodos. Este trabajo se dividió en dos experimentos. En el experimento 1 se evaluaron los cultivares White, Campas, Concha Lisa y selección Selene cosechados a los 236, 237, 235 y 233 días después de polinización (DDP) respectivamente y 3,011 horas calor acumuladas. Las variables evaluadas fueron intensidad respiratoria, firmeza, pérdida de peso, sólidos solubles totales, acidez titulable y color. En el experimento 2 se evaluaron los cultivares White, Campas y Concha lisa, cosechados en dos etapas, la primera a los 207 DDP con una acumulación de 2,544 horas calor, y la segunda a los 219 DDP con 2,696 horas calor. Los frutos se mantuvieron durante diez días a  $18 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $33 \pm 1\%$  HR. Las variables evaluadas fueron intensidad respiratoria, firmeza, pérdida de peso fresco, acidez titulable, pH, almidón, glucosa, fructosa, sacarosa, vitamina C y color.

Los resultados en el Experimento 1, mostraron que los frutos de chirimoya tuvieron un comportamiento climatérico, con dos picos respiratorios notorios en los cultivares Campas, White y Selene, el primer pico al 2 d y el segundo al 5 d, pero en 'Concha lisa' se presentó un solo pico al 5 d. El cultivar Selene presentó la caída en firmeza más rápida con el 70% al día 2. En el Experimento 2, los cultivares de White y Campas presentaron el primer pico respiratorio al 6 d en ambos estados de desarrollo alcanzando concentraciones de 147.0 y 161.0 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> respectivamente.

**Palabras clave:** *Annona cherimola* Mill., 'White', 'Campas', 'Concha lisa', postcosecha, estado de desarrollo

## SUMMARY

### POSTHARVEST EVALUATION OF CHERIMOYA GENOTYPES (*Annona cherimola* Mill.) WITH COMMERCIAL POTENTIAL HARVESTED IN DIFERENT PERIODS

Carolina Hernández Hernández, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2008

The aim of this study was to know the postharvest behavior on cherimoya fruits of different varieties, harvested in different periods. This work was divided in two experiments. In the experiment 1 the cultivars evaluated were White, Campas, Concha Lisa and the selection Selene, the fruits were harvested at 236, 237, 235 and 233 days after pollination (DAP) respectively and the accumulation of 3,011 hours of heat. The variables evaluated were respiratory intensity, firmness, loss of weight, total soluble content, tritatable acidity and color. In the experiment 2 the cultivars evaluated were White, Campas and Concha Lisa harvested in two periods at 207 DAP and 2,544 hours of heat, and the second harvest was at 219 DAP with 2,696 hours of heat. The fruits were maintained during ten days to  $18 \pm 1^\circ\text{C}$  and  $33 \pm 1\%$  HR. The variables evaluated were respiratory intensity, firmness, weight loss, tritatable acidity, pH, content of starch, glucose, fructose, sucrose, vitamin C and color.

The results in the Experiment 1, showed that the fruits of cherimoya are climacteric and all cultivars have two respiratory peaks, the first peak occurs at the 2 d and the second one at the 5 d, but in 'Concha Lisa' had one single peak at the fifth day. 'Selene' had a dramatic lost of firmness (70 %) on day 2. In the Experiment 2, the cultivars 'White' and 'Campas' presented the first respiratory peak at the 6 d in both periods of harvest reaching 147 and 161  $\text{mLCO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  at 207 DAP and 219 DAP respectively.

Keywords: *Annona cherimola* Mill., 'White', 'Campas', 'Concha lisa', postharvest, maturity stages.

# *DEDICATORIA*

A DIOS POR ILUMINARME Y MOSTRARME SIEMPRE EL MEJOR CAMINO

A MIS PADRES: FERNANDO Y CRESCENCIANA

A MIS HERMANOS: NOELIA, CHAVA Y HÉCTOR

A CHUYÍN

GRACIAS POR PERMITIRME FORMAR PARTE DE SU EXISTENCIA.

A MIS AMIGOS:

LEO, GUILLE, JANETH, GREG, MARCOS, ARTURO Y MOISÉS, POR SU

AGRADABLE COMPAÑÍA DURANTE ESTA ETAPA DE MI VIDA.



## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo financiero otorgado para la realización de mis estudios de maestría en el Colegio de Postgraduados.

Al Colegio de Postgraduados quien a través de sus profesores, personal técnico y administrativo me brindaron la oportunidad de llevar a término esta etapa importante para mi desarrollo profesional.

A la Fundación Salvador Sánchez Colín por haberme permitido hacer uso del material vegetal requerido para la presente investigación.

A la Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza por su dirección y atinadas aportaciones en la realización de éste trabajo.

Al Dr. Crescenciano Saucedo Veloz, M.C. Lila M. Marroquín Andrade, M.C. Álvaro Castañeda Vildozola, por el apoyo brindado durante la investigación y revisión del documento.

Al Sr. Arturo López Veloz y M.C. Cecilia Osorio por su valiosa colaboración durante la realización de la fase experimental y al Maestro David Jaen por su disposición y trato amable.

A los Doctores y Maestros en Ciencias del Colegio de Postgraduados que constituyeron la parte más importante de mi formación académica durante esta etapa de mi desarrollo profesional.

## CONTENIDO

CONTENIDO .....	vii
INDICE DE CUADROS .....	x
INDICE DE FIGURAS .....	xiii
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO II .....	4
OBJETIVOS .....	4
CAPÍTULO III .....	5
REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
Origen y distribución .....	5
Descripción botánica .....	5
Descripción de algunos cultivares con potencial comercial en México .....	7
Hábitos de crecimiento y desarrollo del fruto .....	8
Índices de cosecha .....	9
Composición nutricional.....	10
Factores previos a la cosecha que afectan la calidad .....	11
Grados días de desarrollo.....	12
Comportamiento Fisiológico de Anonáceas Durante el Manejo Postcosecha .....	13
Patrón de respiración .....	14
Producción de etileno.....	16
Almidón: síntesis y degradación.....	17
Azúcares y ácidos .....	18
Vitamina C.....	20
Firmeza .....	20
Pérdida de peso .....	21
Técnicas de manejo postcosecha en frutos de chirimoya .....	22
CAPÍTULO III .....	24
PLAN EXPERIMENTAL .....	24
Material vegetal .....	24
Tratamientos.....	24

Metodología .....	25
Diseño experimental .....	29
Análisis estadísticos .....	30
CAPITULO IV .....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
Experimento 1.....	31
Intensidad respiratoria.....	32
Firmeza .....	33
Sólidos solubles totales y acidez titulable .....	36
Color: Luminosidad, Hue y Croma.....	37
Experimento 2.....	40
Cosecha .....	40
Intensidad respiratoria.....	42
Firmeza .....	45
Acidez titulable y pH.....	48
Almidón .....	52
Azúcares: glucosa, fructosa y sacarosa.....	53
Vitamina C.....	57
Color: Luminosidad, hue y croma.....	59
CAPÍTULO V .....	65
CONCLUSIONES GENERALES.....	65
Recomendaciones .....	66
LITERATURA CITADA.....	67

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE AZÚCARES.....	75
ANEXO 2. CURVA ESTÁNDAR PARA CÁLCULO DE ALMIDÓN .....	77
ANEXO 3. CURVA ESTÁNDAR PARA CÁLCULO DE VITAMINA C.....	78
ANEXO 4. RESULTADOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE COMPARACIÓN DE MEDIAS .....	79
ANEXO 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS: CORRELACIONES ENTRE VARIABLES .....	87

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición de la porción comestible (mesocarpio) de frutos de chirimoya ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ de peso fresco).....	11
Cuadro 2. Parámetros de cosecha de los frutos cosechados en enero de 2006.....	31
Cuadro 3. Comparación de medias de la pérdida de peso en porcentaje de tres cultivares y la selección de frutos de chirimoya cosechados en Enero de 2006.....	35
Cuadro 4. Comparación de medias de la relación SST/AT de los frutos de tres cultivares y una selección de frutos de chirimoya cosechados en enero de 2006.....	37
Cuadro 5. Parámetros de los frutos de tres cultivares de chirimoyas cosechadas a dos estados de desarrollo.....	41
Cuadro 6. Comparación de medias del % de pérdida de peso de los frutos de tres cultivares de chirimoya evaluados en dos estados de desarrollo.....	48
Cuadro 7. Especificaciones para la preparación de la solución stock (para 1 muestra).....	75
Cuadro 8. Especificaciones para la preparación de las soluciones de la curva estándar.....	76
Cuadro 9. Especificaciones para la elaboración de la curva estándar de almidón.....	77
Cuadro 10. Especificaciones para la elaboración de la curva estándar de vitamina C.....	78
Cuadro 11. Comparación de medias del patrón respiratorio ( $\text{mLCO}_2 \text{ Kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) de tres cultivares y la selección Selene de frutos de chirimoya. Experimento 1.....	79
Cuadro 12. Comparación de medias del patrón respiratorio ( $\text{mLCO}_2 \text{ Kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) de tres cultivares de frutos de chirimoya cosechados a dos estados de desarrollo. Experimento 2.....	79
Cuadro 13. Comparación de medias de la firmeza (Newton) de los frutos de tres cultivares y la selección Selene de frutos de chirimoya. Experimento 1.....	80

Cuadro 14. Comparación de medias de la firmeza (Newton) de tres cultivares de chirimoya cosechadas a dos estados de desarrollo. Experimento 2.....	80
Cuadro 15. Comparación de medias del pH de los frutos de tres cultivares de frutos de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.....	81
Cuadro 16. Comparación de medias de la relación SST/Acidez titulable de los frutos de tres cultivares de frutos de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.....	81
Cuadro 17. Comparación de medias de los SST ( $^{\circ}\text{Bx}$ ) de los frutos de tres cultivares de frutos de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo. ....	82
Cuadro 18. Comparación de medias de la Acidez titulable (% de ácido málico) de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo. ....	82
Cuadro 19. Comparación de medias del contenido de almidón ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) de frutos de tres cultivares de frutos de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo. ....	83
Cuadro 20. Comparación de medias del contenido de glucosa ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados a dos estados de desarrollo. ....	83
Cuadro 21. Comparación de medias del contenido de fructosa ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo. ....	84
Cuadro 22. Comparación de medias del contenido de sacarosa ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo. ....	84
Cuadro 23. Comparación de medias del contenido de vitamina C ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo. ....	85
Cuadro 24. Comparación de medias de la luminosidad de la epidermis de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo. ....	85

Cuadro 25. Comparación de medias del croma de la epidermis de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.....	86
Cuadro 26. Comparación de medias del hue de la epidermis de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.....	86
Cuadro 27. Correlaciones entre variables durante la maduración de frutos de chirimoya 'White' cosechados a los 207 días después de polinización.....	87
Cuadro 28. Correlaciones entre variables durante la maduración de frutos de chirimoya 'White' cosechados a los 219 días después de polinización.....	88
Cuadro 29. Correlaciones entre variables durante la maduración de frutos de chirimoya 'Campas' cosechados a los 207 días después de polinización. ....	89
Cuadro 30. Correlaciones entre variables durante la maduración de frutos de chirimoya 'Campas' cosechados a los 219 días después de polinización. ....	90
Cuadro 31. Correlaciones entre variables durante la maduración de frutos de chirimoya 'Concha Lisa' cosechados a los 207 días después de polinización. ....	91
Cuadro 32. Correlaciones entre variables durante la maduración de frutos de chirimoya 'Concha Lisa' cosechados a los 219 días después de polinización. ....	92

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Metabolitos y enzimas involucradas en la conversión de sacarosa a almidón en los órganos de almacenamiento.....	18
Figura 2.	Cosecha de frutos.....	24
Figura 3.	Patrón respiratorio (A) y firmeza (B) de los frutos de los cultivares White, Campas Concha lisa y la selección Selene cosechados en enero de 2006.....	34
Figura 4.	Cambios durante el Proceso de maduración de frutos de los cultivares: White (A), Campas (B), Concha lisa (C) y selección Selene (D) a los 1, 4, 6 y 8 días después de cosecha.....	38
Figura 5.	Luminosidad, Croma y Hue de los frutos de los cultivares White, Campas y Concha lisa y selección Selene cosechados en Enero de 2006.....	39
Figura 6.	Apariencia de los frutos de chirimoya al momento de la cosecha en dos estados de desarrollo: 'White', 207 DDP (A); 'Campas', 207 DDP (B); 'Concha lisa', 207 DDP(C); 'White', 219 DDP (D); 'Campas', 219 DDP (E); 'Concha lisa', 219 DDP (F). ....	41
Figura 7.	Intensidad respiratoria de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluadas en dos estados de desarrollo: 207 y 219 Días después de polinización (DDP).....	44
Figura 8.	Firmeza de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluadas en dos estados de desarrollo.....	46
Figura 9.	Acidez titulable de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluadas en dos estados de desarrollo.....	50
Figura 10.	pH de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluadas en dos estados de desarrollo.....	51
Figura 11.	Concentración de almidón de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluados en dos estados de desarrollo.....	55
Figura 12.	Concentración de azúcares de los frutos de 'White' a 207 DDP (A-1) y 219 DDP (A-2), 'Campas' a 207 DDP (B-1) Y 219 DDP (B-2), y 'Concha lisa' a 207 DDP (C-1) y 219 DDP (C-2).....	56

Figura 13. Concentración de Vitamina C de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluados en dos estados de desarrollo.....	58
Figura 14. Luminosidad de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluados en dos estados de desarrollo.....	61
Figura 15. Croma de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluados en dos estados de desarrollo.....	62
Figura 16. Hue de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluados en dos estados de desarrollo.....	63
Figura 17. Proceso de maduración de frutos de 'White' (A), 'Campas' (B) y 'Concha lisa' (C) desde el día 2 al día 9 después de la cosecha (Cosecha de noviembre de 2007, 207 DDP) .....	66
Figura 18. Gráfico para obtención de la ecuación para cálculo de almidón a partir de las lecturas de absorbancia .....	77
Figura 19. Gráfico para obtención de la ecuación para cálculo de vitamina C a partir de las lecturas de gasto en la titulación. ....	78

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El creciente interés en el cultivo de chirimoya ha llevado establecer diversos cultivares en diversas regiones del mundo. Los cultivares desarrollados en España son 'Blanca', ó 'Fino de Jete', 'Campas' ó 'Campa', 'Campa Mejorada', 'Negrito', 'Pinchudo', 'Cristalino', 'Manteca' y 'Piña'. Los cultivares chilenos de mayor importancia son 'Concha lisa', 'Bronceada' y otras de menor importancia como 'Concha Corriente', 'Tumba', 'Canaria', 'Juliana', 'Local Serena', 'Clavo' y 'Serenense Larga'. En el mercado español, la chirimoya se clasifica en cuatro grados de calidad basado en su masa individual, de un intervalo de 50 a 850 g; el tamaño medio es de 228-300 g. La masa mínima para la Extra Clase es de 401 g, para la Clase I es 176 g, Clase II es de 96 g y finalmente la clase III es de 50 g (Normas de Calidad Española, 2002). En Chile la calidad estándar nacional para el mercado interno es regida por la norma NCh1575. El mercado en México es tradicional y poco regulado por lo que no existe aún una norma mexicana que regule los parámetros de calidad en este fruto (Andrés-Agustín, 1999).

En México, para el año 2005 la superficie sembrada de chirimoya fue de 65 ha, la superficie cosechada se limitó a 52 ha y el volumen de producción de 307 ton, los estados productores fueron Morelos, Michoacán e Hidalgo con el 68.0, 31.0 y 0.73% de participación en el volumen de producción nacional respectivamente (SAGARPA, 2005). La producción en estos estados se basa en selecciones regionales y algunas variedades comerciales, destinándose la producción principalmente para el mercado regional y con el envío de algunas pruebas del producto al mercado japonés (Andrés-Agustín, 1999).

El desarrollo comercial de la chirimoya se ve impedido por numerosos factores dentro de los cuales se incluyen, la falta de familiaridad del cultivo con el consumidor, la falta de financiamiento del sector privado, estatal y/o donantes para el desarrollo de la producción del cultivo y la consiguiente falta de mecanismos de promoción y

comercialización por los productores. Asimismo no existe un volumen de producción importante por lo que el riesgo financiero de los pequeños productores es grande lo que limita la inversión. Aunado a lo anterior hay un número limitado de cultivares y/o selecciones que se explotan sin embargo, no existen estudios que muestren la cual de estos materiales esta mejor adaptado a las condiciones regionales y la factibilidad de su explotación en términos económicos (van Damme y Scheldeman, 1999).

De las prácticas del cultivo del chirimoyo, hay poca información sobre todo en la determinación de los índices de cosecha. Tradicionalmente, las chirimoyas se han cosechado cuando el color de la epidermis cambia de verde a verde-amarillo, sin embargo en algunos cultivares este cambio de color es poco evidente por lo que no puede ser el único parámetro utilizado; para tal fin es necesario correlacionar cambios físicos como tamaño de fruto, proporción de semillas con los cambios fisicoquímicos (contenido de almidón, sólidos solubles totales) que pueden incluirse como parámetros más determinantes del sabor del fruto al momento de la cosecha (Palma *et al.*, 1993). Debido a que el metabolismo de los frutos está altamente influenciado por la temperatura del medio, se propone incluir la acumulación de grados día de desarrollo como uno de los parámetros para determinar el momento adecuado de cosecha.

Además una vez realizado éste análisis, es necesario evaluar el comportamiento postcosecha en los diferentes cultivares y así realizar un diagnóstico objetivo sobre la etapa adecuada de cosecha de los frutos de acuerdo con el estado fisiológico. En este sentido en el presente trabajo se evaluaron las características de diferentes cultivares de chirimoya cosechados en diferentes etapas. Para ello el trabajo se realizó en dos años consecutivos, por lo que se dividieron en dos experimentos. En el Experimento 1 se evaluó el comportamiento de los cultivares White, Campas, Concha lisa y la selección Selene. En el Experimento 2 se evaluó el comportamiento de los mismos genotipos que en el Experimento 1 con excepción de 'Selene' que se descartó debido a que los atributos de calidad mostrados durante la evaluación resultaron ser poco adecuados para incluirlo como un fruto con potencial comercial,

debido a la alta perecibilidad. Esta evaluación se realizó previo monitoreo de los frutos a lo largo de su periodo de crecimiento y desarrollo en el árbol de parámetros como diámetro radial, ecuatorial y color de la superficie.

## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS**

#### **General**

Determinar las características de calidad postcosecha de los frutos de chirimoya de los cultivares White, Campas y Concha lisa cosechados en diferentes estados de desarrollo.

#### **Particulares**

1. Definir entre los cultivares evaluados (White, Campas, Concha lisa y Selección Selene), cual tiene las mejores características de calidad para recomendar su explotación comercial en el estado de México.
2. Evaluar el patrón de maduración de los cultivares White, Campas y Concha lisa cosechados en dos estados de desarrollo.

## CAPÍTULO III

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### **Origen y distribución**

La familia *Annonaceae* es la más sobresaliente dentro del orden de las Magnoliales, se distribuyen en las áreas tropicales de América, África y Asia, en conjunto alberga alrededor de 2500 especies en 140 géneros de los cuales casi 1200 se localizan en las áreas tropicales de América, África y Asia. Estudios relacionados muestran que en la cuenca alta del Amazonas las anonáceas están comúnmente entre las cinco familias de plantas de mayor importancia en términos de abundancia y diversidad de especies (Foster, 1990; Valencia *et al.*, 1994 citados por Chatrou, 1999). Los tres géneros más importantes de las anonáceas son *Annona*, *Rollinia*, y *Abernona*. El género *Annona* está constituido por alrededor de 110 especies nativas de América tropical y subtropical. Las especies comestibles con gran aceptación en los mercados regionales e internacionales incluyen la guanábana (*Annona muricata* L.), saramuyo (*A. squamosa* L.), annona (*A. reticulata* L.), ilama (*A. diversifolia* Safford), chirimoya (*A. cherimola* Mill.), atemoya (*A. cherimola* x *A. squamosa*) (Morton, 1987; Fouque, 1972). La chirimoya es la única de las especies del género *Annona* que se desarrolla en los subtrópicos. Su origen se ubica probablemente entre el sur de Ecuador y el norte de Perú. El límite geográfico para el desarrollo de la chirimoya en regiones cálidas como el sur de España ó el norte de Chile es de 600 m de altitud. El cultivo de la especie actualmente se ha extendido a América Central, México y las Antillas, isla Madeira en Portugal; islas Canarias en España; Francia, Algeria, Brasil, Italia, India, Israel, Filipinas, Egipto entre otras regiones de clima subtropical. Esta especie se introdujo a California, Florida y Hawai a través de México (Crane y Campbell, 1990).

#### **Descripción botánica**

El árbol es pequeño de copa abierta, que va desde 5 a 9 m de altura, erguido o con sus ramas extendidas, de porte globoso y denso. Las ramas emergen de manera

irregular, son muy densas y tienen tendencia a inclinarse. Los entrenudos son de hasta 20 cm en árboles jóvenes; sus ramas son de color café y ligeramente pubescentes. Las hojas son de comportamiento caduco, de disposición alterna en la rama, simples y su longitud varía de 10 a 30 cm, de borde sin divisiones, de forma ovada a elíptica u ovada lanceolada, obtuso acuminadas en el ápice y circulares en la base. Su color es verde oscuro a verde brillante, siendo la cara superior de un verde más oscuro que la cara inferior, de textura ligeramente pubescente en el haz y aterciopelado en el envés (Gardiazabal-Irazabal y Rosenberg-Melnik, 1993). El árbol es sensible a las heladas y las ramas son susceptibles al rompimiento por el viento (Jackson, 1986). La producción de fruto comienza entre los 3.5 y 5 años de edad.

Las flores aparecen solitarias ó en grupos de dos ó tres, opuestas a las hojas, en las ramillas jóvenes o en las axilas formadas por las hojas caídas en las ramas viejas. Son de posición pendiente, de pedúnculos cortos y curvos. El perianto se compone de tres sépalos triangulares de unos cinco milímetros de largo y de dos series de pétalos externos con largos, de alrededor de 2.5 centímetros de longitud, linear oblongos y carnosos, en su base color púrpura oscura, triangulares en corte transversal; los pétalos internos de 1.5 a 2.5 mm de largo. Los estambres y carpelos son numerosos y están insertos en espiral en el receptáculo, cuya porción inferior, más prominente y en forma de disco, está ocupada por los estambres. Cada uno de estos se compone de dos tecas largas, unidas por un conectivo de color anaranjado en el ápice. Cada pistilo tiene un óvulo y termina en un estilo sencillo, los carpelos están separados y solo se unen por la base (Andrés-Agustín y Nieto, 1997). En las flores de chirimoyo ocurre el fenómeno denominado protoginia que consiste en la falta de sincronización de la aparición de los gametos masculino y femenino provocando serias deficiencias en el proceso de polinización natural lo que representa uno de los principales obstáculos en la obtención niveles de productividad aceptables del cultivo (Farré *et al.* 1999 citados por Franco, 2000).

El fruto es una polidrupa con numerosas semillas de color negro, ovoideas y brillantes. La infrutescencia de color verde al madurar toma un color más claro, no se

abre en la madurez y tiene pulpa blanquecina. Si el óvulo no es fertilizado el carpelo correspondiente tiende a no desarrollarse, con lo que el fruto se deforma (Merodio y De la Plaza, 1997).

### **Descripción de algunos cultivares con potencial comercial en México**

Existen cinco genotipos en chirimoyo cuya diferencia radica en la presencia de protuberancias estilares en la cáscara del fruto que se clasifican de la siguiente forma: lisa, impresa, tuberculada, mamilada y umbonada (Morton, 1987; León-Fuentes, 1999). A continuación se mencionan las características más sobresalientes de las variedades y la selección que son objeto de este estudio de acuerdo con Castañeda (2005).

Concha lisa. Cultivar originario de la región de Quillota, Chile y fue introducido al estado de México en 1996. El árbol es muy vigoroso, las hojas son grandes de color verde brillante y es el cultivar que presenta poca cantidad de polen. La cosecha se realiza de noviembre a enero. Los frutos alcanzan pesos de 300 a 1200 g, en su madurez fisiológica son de color amarillo brillante, la piel es impresa. Se considera que en México es un cultivar con alto potencial si se tienen las condiciones hídricas apropiadas en la temporada de floración en conjunto con polinización manual.

Campas. Cultivar de origen español que fue introducido a Coatepec de Harinas en 1998 y se ha adaptado a las condiciones de cultivo bajo temporal, la floración ocurre en los meses de marzo a mayo, este lapso de floración permite su cosecha desde octubre a diciembre. El tamaño de los frutos varía de 500 a 1500 g.

White. Cultivar originario de USA introducido a Coatepec de Harinas en 1995 procedente de Nueva Zelanda. Es de producción tardía, su cosecha se realiza de diciembre a marzo. Este comportamiento se debe a su prolongado periodo de floración que va de abril a junio. El peso de los frutos varía entre 500 y 1600 g. la pulpa es muy jugosa, de agradable sabor agridulce. Su crecimiento vegetativo es

muy vigoroso e implica realizar poda en verano para eliminar el exceso de ramas que sombrean los frutos.

Selección Selene. Este material fue seleccionado en 1997 en Tancítaro, Michoacán proveniente de un árbol de traspatio. Se introdujo a Coatepec de Harinas en 1998 con fines de conservación y caracterización, presenta un alto grado de aceptación a la región. Selene es un árbol con crecimiento vegetativo poco vigorosos, las hojas son pequeñas y carece de ramas suficientes que cubran a los frutos y quedan muy expuestos a quemaduras por sol. La floración inicia en abril y mayo, las flores son grandes y aromáticas. Para asegurar el amarre de frutos se requiere de polinización manual. La cosecha se realiza de octubre a noviembre. Los frutos alcanzan peso de 300 a 1500 g, la piel es de tipo impreso, la pulpa es jugosa y aromática, el índice de semillas de 8 a 10 semillas en 100 g de pulpa, de sabor poco insípido debido a la cosecha precoz influenciado por el exceso de humedad en el suelo causado por las lluvias. Una limitante para su comercialización es la fragilidad de su piel, cuando alcanza la madurez de consumo requiere de manipulación cuidadosa para evitar la rotura de la piel.

### **Hábitos de crecimiento y desarrollo del fruto**

En México el chirimoyo se encuentra semicultivado en huertos de traspatio dispersos, de regiones subtropicales en altitudes que desde 1400 m a 2000 m (Andrés-Agustín, 1999). El crecimiento del fruto sigue el patrón doble sigmoide característico de frutos con hueso (Saavedra, 1979). Después del amarre dependiendo del cultivar el fruto puede permanecer desde cinco hasta nueve meses en el árbol. El periodo de maduración durante el desarrollo de los frutos de “Concha Lisa” se asocia con incremento en el contenido de sólidos solubles y reducción de la acidez titulable. Durante su desarrollo en el árbol esta variedad muestra una tendencia de incremento en proteínas así como de la actividad de la enzima peroxidasa, polifenoloxidasa y catalasa hasta los 202 días después de la polinización, después de este periodo esta tendencia decrece al aproximarse la

madurez fisiológica por lo que en base a estos cambios se ha propuesto el índice de cosecha. La polinización natural es deficiente debido a la ausencia de insectos polinizadores y existencia de protoginia que es la falta de traslape entre la maduración de los órganos masculinos y femeninos. Por tanto, se realiza la polinización de forma manual, recolectando previamente el polen con insufladores (Merodio y De la Plaza, 1997).

### **Índices de cosecha**

La buena calidad comestible del producto se obtiene cuando la cosecha se hace en el estado de madurez apropiado. Las frutas cosechadas inmaduras son de mala calidad y maduran en forma irregular, y el retraso en la cosecha aumenta la susceptibilidad a la pudrición (Pantástico, 1984a) por lo que el tiempo de cosecha tiene un papel decisivo en el comportamiento postcosecha y la obtención de frutos con los mejores atributos de calidad al momento del consumo y es por tanto una fase muy crítica que requiere de control objetivo. En chirimoya se recomienda que la cosecha se realice después de que ha finalizado el segundo periodo de alargamiento celular, esto ocurre alrededor de los 130 y 140 días después de la polinización (Yonemoto y Nakao, 1993), sin embargo, los criterios para estimar el momento de la cosecha de los frutos no están claramente definidos y los índices que tradicionalmente se han tomado son: los cambios en la coloración de la epidermis de verde oscuro a verde claro, el desprendimiento de las semillas en el interior del fruto, desarrollo de una superficie tuberculosa, la protuberancia de carpelos y la forma del fruto, cambios en la densidad de tricomas epidérmicos, no obstante éstos cambios son difíciles de detectar y altamente subjetivos. Se ha encontrado que los máximos niveles de sólidos solubles totales se tienen cuando los tricomas alcanzan una densidad entre 17.8 y 12.6 tricomas por  $0.16 \text{ mm}^2$  en la región ecuatorial para el cultivar Bronceada y en 'Concha lisa' entre 17.3 y 11.7 tricomas por  $0.16 \text{ mm}^2$  (Merodio y De La Plaza, 1997).

Aunque el color de la superficie de los frutos no experimenta grandes cambios a lo largo del desarrollo en el árbol, frecuentemente se le toma como índice de cosecha junto a otros parámetros. En estudios realizados en chirimoyas se encontró que aunque no existe cambio de color significativo durante el desarrollo y maduración de los frutos, existe correlación entre los valores de luminosidad y croma (Nomura *et al.*, 1997). En estudios realizados por Berger y Galletti (2005), solo los valores de b cambian significativamente cuando los frutos alcanzan la madurez de cosecha adecuada así como los atributos de calidad durante la maduración, también se encontró que no existe correlación entre el tamaño de los frutos y el cambio de color, esto explica porque con frecuencia se comercializa fruto que reúne las características de calidad junto con otros que no la alcanzan.

Otro índice de cosecha generalmente aceptado para frutos de anonáceas son los días después de polinización, que es un parámetro variable pues depende de las condiciones ambientales al momento de polinización y durante el desarrollo, por lo que se propone combinarlo con los grados días de desarrollo ó unidades calor así como con otros parámetros intrínsecos del fruto (Nomura *et al.*, 1997; Alique y Zamorano, 2000). Las unidades calor mensuales pueden ser un parámetro de ayuda en la predicción del comportamiento del fruto durante la maduración, lo que significa que valores altos de unidades calor pueden indicar mayor actividad fisiológica que se refleja en mayor rapidez del proceso de maduración de los frutos después de la cosecha (Alique y Zamorano, 2000).

### **Composición nutricional**

La composición de la chirimoya varía dependiendo del cultivar, las prácticas culturales, y las condiciones climáticas en las que se desarrolla. En el cuadro 1 se presenta la composición nutrimental de chirimoyas provenientes de diferentes países donde se observa la amplia variabilidad de contenidos nutrimentales determinados por su origen. El contenido calórico de los frutos es alto denotado en su elevado contenido de carbohidratos (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Composición de la porción comestible (mesocarpio) de frutos de chirimoya (g 100g<sup>-1</sup> de peso fresco).

Origen	Agua	Carbohidratos	Proteínas	Grasa	Fibra	Cenizas
Hawaiana	66.2	-	1.8	0.2	4.3	0.7
Perú	75.7	22	1.0	0.1	18.0	1.0
España	81-82	21-22	-	-	-	0.6
Italia	80-84	14-18	0.4-0.8	0.4-0.8	-	0.4-0.9
Chile	83.3	11.7	0.5	0.5	1	0.6
Ecuador	74.6	-	0.5	0.5	1.5	0.6
Colombia	77.1	18.2	0.1	0.1	2	0.7
Centroamérica	76.6	21.3	0.2	0.2	1.9	0.8

Fuente: Merodio y De la Plaza, 1997

### **Factores previos a la cosecha que afectan la calidad**

Además de la separación por variedad y época de maduración, las condiciones de precosecha pueden agruparse en factores ambientales y de cultivo. Los factores ambientales comprenden la temperatura, humedad relativa, luz, textura del suelo, vientos y precipitación pluvial. Las influencias de cultivo son la nutrición mineral, el manejo de suelo, la poda, el aclareo, las aspersiones con productos químicos, los patrones de injerto, la densidad de plantación, el riego y drenaje y el anillado. Estos factores ejercen su influencia en el logro de la calidad máxima en la cosecha (Pantástico, 1984b).

En particular la chirimoya se desarrolla en climas con temperatura media anual de 19.9°C, precipitación media anual de 1692 mm. En Chile, las temperaturas altas en verano, generan bajas en la producción debido quizá por acentuarse la dicogamia y/o menor humedad ambiental necesaria para la adecuada adherencia del polen a los pistilos (Undurraga, 1989). Los suelos que se prefieren para su cultivo en México son

los andosoles que se caracterizan por su alta permeabilidad, con textura ligera a mediana, relativamente profundos y con buen drenaje (Andrés-Agustín y Regollar, 1996).

Se recomienda realizar la plantación con densidad de 600 plantas/ha al inicio de la temporada de lluvia. Aunque no se sabe con exactitud los requerimientos nutricionales de la chirimoya, se recomienda la aplicación de 2.5 Kg de sulfato de amonio y 0.5 Kg de cloruro de potasio. Es esencial realizar poda de formación desde el primer al quinto año de vida del árbol y podas posteriores de fructificación con el objetivo de obtener abundante producción de fruto de tamaño y aspecto adecuado (Andrés-Agustín y Regollar, 1996).

En México los rendimientos de fruto se reportan de 3 ton ha<sup>-1</sup> en temporal y de 6 ton ha<sup>-1</sup> en plantaciones con sistema de riego que son bajos comparados con los obtenidos en países como Chile ó España que son de 8 a 10 ton ha<sup>-1</sup>.

### **Grados días de desarrollo**

El desarrollo de las plantas no sólo está relacionado con el paso del tiempo sino también con la temperatura acumulada. Para la mayoría de las frutas y hortalizas, entre más elevadas sean las temperaturas que se registren durante el periodo de crecimiento, mas rápido se cosechará. Los días cálidos y las noches frescas durante el periodo de crecimiento de los frutos son importantes para que se desarrolle con plenitud el color durante la madurez (Pantástico, 1984b). Los grados días de desarrollo (GDD) ó las unidades calor (UC), se han utilizado en numerosos trabajos para predecir el crecimiento y desarrollo de los cultivos, clasificar especies y variedades, o evaluar climas para combinaciones específicas de manejo de cultivos.

Los grados días de desarrollo se definen como la acumulación de la temperatura media diaria durante el periodo de crecimiento arriba de la temperatura media base ó cero biológico, abajo del cual no ocurre crecimiento (Russelle *et al.*, 1984).

De acuerdo con Neild y Smith (1983) el concepto de grados días de desarrollo se basa en los supuestos siguientes: a) existe una temperatura base por debajo de la cual no existe crecimiento, b) la proporción del crecimiento se incrementa cuando la temperatura del aire supera a la temperatura base y c) los cultivos requieren de la acumulación de una determinada cantidad de GDD para alcanzar su madurez.

A continuación se mencionan algunos métodos de cálculo para estimar las unidades calor de acuerdo con De Fina y Rabelo (1979).

Método directo. Consiste en sumar las temperaturas medias diarias a lo largo del ciclo biológico. Las temperaturas bajo cero no se toman en cuenta.

Método residual. Suma las temperaturas al cero vital, pues no toda temperatura arriba de cero es útil para el desarrollo de la planta. Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$UC = [(TMáx + TMin) / 2] - TB \quad (1)$$

Donde

UC= Unidades calor acumuladas

T Máx. = Temperatura máxima diaria

T Min. = Temperatura mínima diaria

TB = Temperatura base ó umbral cuyo valor depende de cada cultivo

### **Comportamiento Fisiológico de Anonáceas Durante el Manejo Postcosecha**

La maduración de las frutas puede definirse como la secuencia de cambios en color, sabor y textura que conducen al estado en el cual son aceptables para ser consumidas. Estos cambios involucran pérdida de clorofila y síntesis de nuevos pigmentos en la epidermis del fruto, cambios en la acidez astringencia y dulzura del fruto que a su vez depende de la proporción de ácidos orgánicos, compuestos

fenólicos, azúcares y volátiles presentes en el tejido (Wills *et al.*, 1998; Rhodes, 1970), incremento en la velocidad respiratoria, producción de etileno, cambios en la permeabilidad del tejido y compartimentalización celular, cambios en la composición de sustancias pécticas, carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas, desarrollo de cutícula cerosa en la epidermis del fruto (Wills *et al.*, 1998).

El climaterio, proceso altamente relacionado con la maduración de los frutos, se define como el periodo ontogénico durante el cual ocurren cambios bioquímicos que se inician con la producción autocatalítica de etileno e incremento de la respiración que conducen a la maduración del fruto (Rhodes, 1970). La chirimoya es un fruto climatérico cuya maduración se caracteriza por el incremento en la respiración que antecede a la producción de etileno (Paull, 1982; Moreno y De La Plaza, 1983). La senescencia comienza seis días después de cosecha almacenadas bajo condiciones de 20 a 23°C (Lahoz *et al.*, 1990, 1993).

**Patrón de respiración.** La respiración es un proceso de degradación oxidativa de los productos más complejos normalmente presentes en las células como el almidón, los azúcares y los ácidos orgánicos a dióxido de carbono y agua con la consiguiente liberación de energía y otras moléculas que pueden ser utilizadas para las reacciones sintéticas celulares (Wills *et al.*, 1998). En estudios con guanábanas (*Annona muricata* L.) realizados por Bruinsman y Paull (1984), el patrón de respiración muestra dos picos máximos, presentándose el primer incremento al segundo día después de la cosecha de los frutos y con producción de etileno no detectable, con el transcurso del proceso de la maduración se presentó el segundo pico de producción de bióxido de carbono el cual coincidió con un drástico incremento en la producción de etileno. Comportamiento similar al descrito con guanábanas se encontró en el patrón de respiración de chirimoyas “Fino de Jete” almacenadas a 20°C, presentando el primer incremento al primer día después de la cosecha y el segundo incremento tres días después (Alique *et al.*, 1994); en chirimoya “Chaffey” el primer incremento se presentó al quinto día y el segundo al décimo día. En estudios realizados por Martínez *et al.* (1993) el primer incremento se presentó al segundo día con 215 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>. Se pueden distinguir en

postcosecha tres estados con relación a la tasa de producción de etileno y la actividad respiratoria, en la primera etapa la producción de etileno es muy lenta, con niveles de alrededor de  $1 \mu\text{L Kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  con intensidad respiratoria rápida, este retraso en la producción de etileno sugiere que este compuesto no está directamente involucrado en el proceso de maduración de estos frutos por lo que existe la posibilidad de que el umbral de producción de etileno es utilizado solo para acelerar y coordinar el proceso de maduración ya iniciado (Paull, 1982; Trewavas, 1981). No obstante lo anterior, existe la posibilidad de que se produzcan cantidades muy pequeñas de etileno endógeno que no puedan detectarse pero suficientes para inducir el proceso de maduración (McGlasson, 1970). En la siguiente etapa el etileno se produce en cantidades mayores y, en la última etapa, la emisión de etileno y  $\text{CO}_2$  decrece rápidamente presentando valores más bajos que en el periodo preclimático.

En chirimoyas “Chaffey” el ablandamiento y desarrollo de compuestos aromáticos ocurrieron justo al momento de la aparición del segundo incremento respiratorio entre el octavo y noveno día de almacenamiento y al día seis se presentó la madurez óptima de consumo de los frutos, a partir de este día empezaron aparecer características propias de senescencia como oscurecimiento y sabor desagradable (Kosiyachinda y Young, 1975). En chirimoyas “Baldwin” y “Deliciosa” los patrones de producción de  $\text{CO}_2$ , producción de etileno y cambios en la firmeza del fruto fueron similares. La respiración presentó dos picos en producción de  $\text{CO}_2$ , el primero entre los 4 y 4.5 días después del inicio de la elevación climática.

Los dos picos climáticos característicos de los frutos de anonas se ha atribuido a que el fruto está conformado por múltiples ovarios en donde cada uno alcanza el máximo climático en diferentes etapas (Biale y Barcus, 1970; Kosiyachinda y Young, 1975). Sin embargo Bruinsma y Paull (1984) proponen que el climaterio esta precedido por un comportamiento preclimático, esta propuesta está respaldada por que el segundo pico respiratorio coincide con la producción autocatalítica de etileno y también que la respiración de los discos aislados del fruto sigue el mismo patrón que

el de los frutos enteros por lo que se plantea que el fruto madura como un todo y no de manera aislada.

**Producción de etileno.** El etileno es una hormona vegetal que se encuentra involucrado en diversos eventos fisiológicos del desarrollo de las plantas como la germinación de las semillas, desarrollo de pelos radicales, nodulación radical, senescencia de flores, abscisión y maduración de frutos (Johnson y Ecker, 1998). En la síntesis de etileno los compuestos precursores que están involucrados son la S-Adenosil Metionina (SAM) y 1-Aminociclopropano-1-Ácido Carboxílico (ACC) a través de la enzima ACC sintasa. Esta enzima, además de producir ACC genera el compuesto 5'-metiltioadenosina (MTA) que se convierte a metionina por medio de un ciclo modificado, ruta de reserva que conserva el grupo metilo para otro ciclo de producción de etileno por lo que puede ser sintetizado continuamente sin demandar incremento en la producción de metionina (Blecker y Kende, 2000). Finalmente la ACC es oxidada por la ACC oxidasa para la formación de etileno, CO<sub>2</sub> y cianida el cual es detoxificado a β-cianoalanina por la acción de la β-cianoalanina sintasa para prevenir la toxicidad por cianida acumulada durante la fase de elevadas tasas de producción de etileno (Kevin *et al.*, 2002).

Con base a este conocimiento, y posterior a las pruebas de clonación molecular de las enzimas que catalizan esas reacciones las cuales son ACC sintasa y ACC oxidasa, se encontró que sus genes pertenecen a una familia multigénica que son regulados por una compleja red de señales ambientales y físicas que responden a su vez a estímulos internos y externos (Jonhson y Ecker, 1998). La estructura de esta familia de multigenes se asemeja a la del subgrupo I de la familia piridoxal 5' fosfato (PLP)-dependiente de aminotransferasas (Mehta *et al.*, 1993). El PLP es un cofactor esencial para la actividad de ACC-sintasa y esta prelimitado por el sitio activo de enzimas no asociadas al proceso (Kende, 1993).

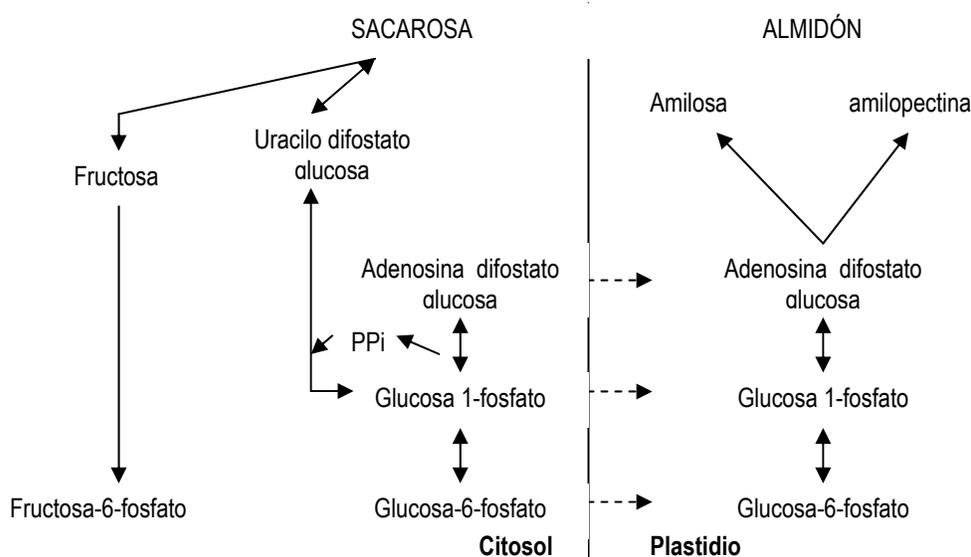
En chirimoyas "Baldwin" y "Deliciosa", el inicio de la producción de etileno coincidió con el primer pico respiratorio y se presentó el incremento notable alrededor de los siete días después del inicio climatérico. El pico de producción de etileno coincidió

con el segundo pico respiratorio (siete días después del inicio de la respiración) y fue este momento en el que los frutos también alcanzaron su óptima calidad comestible (Brown *et al.*, 1988). En chirimoyas de “Fino de Jete” el pico de etileno coincidió también con el pico respiratorio ligado también a otros cambios bioquímicos como la degradación de almidón, incremento en el contenido de azúcares y oscurecimiento por lo que se confirma que la maduración de chirimoya presenta el típico patrón de los frutos climatéricos en el cual el etileno es el responsable de éstos cambios (Sola *et al.*, 1994). El hecho es que el etileno se forma rápidamente y su producción se limita a solo dos ó tres días suficientes para provocar la senescencia de la fruta inmediatamente después de haber sido cosechada, esto da como resultado considerables pérdidas durante su comercialización (Martínez *et al.* 1993)

**Almidón: síntesis y degradación.** En la mayoría de las plantas el almidón es el principal carbohidrato de reserva (Jenner, 1982). En las hojas, el almidón se acumula en los cloroplastos, donde es un producto directo de la fotosíntesis. En los órganos de almacenamiento, se acumula en los amiloplastos, en los cuales se forma después de la translocación de sacarosa u otro carbohidrato provenientes de las hojas (Salisbury, 1994). La formación de almidón ocurre sobre todo por la donación repetida de unidades de glucosa provenientes de un azúcar nucleotídico que se denomina difosfoglucosa de adenosina (ADPG). La formación de ADPG se efectúa mediante el uso de ATP y 1-fosfato de glucosa en el cloroplasto y otros plastidios. La almidón sintetasa, que cataliza esta reacción, es activada por  $K^+$  (Salisbury, 1994). Okita (1992) y Smith *et al.*, (1997) proponen otra ruta alternativa de síntesis de almidón en donde la ADPG se sintetiza a partir de sacarosa y transportada directamente hacia los plastidios donde se utiliza para la síntesis de almidón (Figura 1).

En la mayoría de los frutos climatéricos, incluyendo las chirimoyas, el carbono se almacena durante su desarrollo en forma de almidón para ser hidrolizado después de la cosecha, produciendo sacarosa y posteriormente convertido a glucosa y fructosa por acción de la invertasa (Sola *et al.*, 1994). Durante la maduración de chirimoya “Fino de Jete” las paredes celulares se degradan y al mismo tiempo ocurre hidrólisis

masiva de almidón. Un análisis de microscopía de barrido revela que las células del mesocarpio están completamente ocupadas con almidón inmediatamente después de la cosecha pero conforme avanza la maduración los gránulos de almidón se van reduciendo de tamaño desapareciendo por completo al término de seis días. La concentración en el tejido se redujo desde  $120 \text{ mg g}^{-1}$  al momento de cosecha hasta cero al día cuatro después de cosecha (Sola *et al.*, 1994). En otro estudio realizado también en “Fino de Jete” por Martínez *et al.* (1993), el contenido de almidón declinó drásticamente (desde  $40.9$  a  $20.7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) al primer y segundo día de la cosecha. Después, la degradación se mostró más lenta alcanzando concentraciones de  $4.9 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  al quinto día después de cosecha, al mismo tiempo se observó incremento en la concentración de azúcares indicando la hidrólisis de almidón a azúcares durante la maduración.



**Figura 1.** Metabolitos y enzimas involucradas en la conversión de sacarosa a almidón en los órganos de almacenamiento.

**Azúcares y ácidos.** Los principales azúcares presentes en frutos son sacarosa, glucosa y fructosa, siendo de manera general los productos tropicales y subtropicales los que contienen mayor cantidad de azúcares que los templados (Wills *et al.*, 1998). La glucosa y fructosa están distribuidas en todo el fruto mientras que la sacarosa solo está presente en aproximadamente dos tercios de éste. En estudios con chirimoyas “Fino de Jete” almacenadas a  $22^\circ\text{C}$ , el contenido de azúcares solubles en

etanol (sacarosa, glucosa y fructosa) se incrementó rápidamente conforme los frutos maduraron, lo cual coincidió con un descenso en el contenido de almidón debido a la hidrólisis de este a los monosacáridos mencionados (Paull *et al.*, 1983). La chirimoya difiere de algunos otros frutos en la proporción de azúcares solubles, después del incremento pasajero de sacarosa, ésta se hidroliza por acción de la invertasa produciendo glucosa y fructosa (Gutiérrez *et al.*, 1994a).

En chirimoya, en la cual se observó un incremento de la acidez titulable durante la maduración (Palma *et al.*, 1993; Merodio y de la Plaza, 1997) el ácido málico es el que contribuye en mayor proporción al incremento de acidez (Paull *et al.*, 1983; Wills *et al.*, 1984; Alique *et al.*, 1994). Estudios histológicos indican la presencia de grandes vacuolas en tejido de chirimoya que puede actuar como reservorio temporal del ácido málico sintetizado. En chirimoya “Fino de Jete” se encontraron incrementos considerables en el contenido de ácidos orgánicos al tercer día después de cosechados proporcionando a los frutos las características sensoriales ácidas del fruto y contribuyendo al descenso del pH. En estudios más específicos de acidez, se reportó que la chirimoya “Fino de Jete” muestra un metabolismo activo de malato conectado con alta acidez titulable y bajo valor de pH citoplásmico inmediatamente después de la cosecha y al primer día de maduración se observó ligera caída de acidez titulable asociado a la reducción de síntesis de ácido málico y alcalinización del pH citoplásmico. De acuerdo con diversos autores la decarboxilación del malato ocurre simultáneamente a la liberación de CO<sub>2</sub> además como se ha encontrado en guanábana, se presenta un incremento en los niveles de poliaminas que por su basicidad podrían estar involucradas en la resistencia a la acidez. La producción de volátiles, metilbutanoato (4%), metil but-2-enoato (5%), metilhexanoato (31%), metil hex-2-enoato (27%), también aumenta en forma conjunta la producción de etileno dos días después del incremento en la respiración (Paull *et al.*, 1983; Bruinsma y Paull, 1984; Merodio y De La Plaza, 1997).

En frutos de guanábana la reducción en la fuerza de deformación ocurrió paralelamente a la reducción en la fracción insoluble en etanol debido probablemente a la hidrólisis de almidón; al mismo tiempo se presentó incremento en ácido

ascórbico (de 0 a 14 mg g<sup>-1</sup> desde el primer día al octavo de almacenados respectivamente), los sólidos solubles totales incrementaron a 16°Bx al quinto día, los azúcares totales aumentaron desde 85 en el primer día a 160 mg g<sup>-1</sup> en el sexto día y la acidez titulable alcanzó su valor máximo en el quinto día (10 mg 100g<sup>-1</sup>), alcanzándose pH de 3.5 al mismo día (Paull, 1982).

**Vitamina C.** En las frutas, como en otros tejidos de las plantas, se sintetiza ácido ascórbico a partir de azúcares hexosas, por lo que en primera instancia su síntesis depende del adecuado suplemento de éstos compuestos, es decir de su actividad fotosintética. La síntesis de ácido L-ascórbico sigue dos rutas, una a partir de D-glucosa y la otra a partir de D-galactosa. En la degradación intervienen sistemas enzimáticos que catalizan la oxidación del compuesto en presencia de oxígeno. En frutas existen al menos cuatro enzimas que intervienen en la degradación las cuales son la ácido ascórbico oxidasa, fenolasa, citocromooxidasa y peroxidasa; mientras los frutos permanecen intactos estos sistemas enzimáticos también permanecen sin actividad, sin embargo se activan durante los procesos de desorganización celular como resultado de daños mecánicos, pudrición o senescencia de los mismos (Mapson, 1970). En frutos de guanábana (*Annona muricata* L.) existe síntesis de vitamina C durante la maduración postcosecha ya que se presentó incremento de 0 a 15 mg g<sup>-1</sup> desde el primer día al séptimo después de cosecha (Paull, 1982).

**Firmeza.** La textura de los frutos depende de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células, la presencia de tejidos de sostén y de su composición. La turgencia es producida por la presión del contenido celular sobre la pared de la célula y depende de la concentración de sustancias osmóticamente activas en la vacuola, de la permeabilidad del protoplasma y de la elasticidad de la pared celular. La cohesión de las células depende de la cantidad y calidad de las sustancias pecticas. La maduración aumenta las pectinas solubles en agua y disminuye las insolubles, dando por resultado la facilidad de separación de las células (Pantástico, 1984a). El ablandamiento de los frutos durante la maduración y almacenamiento, un fenómeno determinante que afecta directamente la vida de anaquel y la calidad del fruto, se

debe principalmente a depolimerización de los polisacáridos constituyentes ó acortamiento de la longitud de las cadenas y desesterificación ó remoción de los grupos metílicos de los polímeros constituyentes de la pared celular por acción de enzimas como la poligalacturonasa, celulasa y pectatoliasa (Paull y Jung, 1983; Matoro *et al.*, 1984; Seymour y Gross, 1996; Hadfield y Bennett, 1998; Marín-Rodríguez *et al.*, 2002). La descomposición de las pectinas es particularmente extensa y está asociada a la última etapa de maduración y con el deterioro de las frutas en los estados sobremaduros (Hadfield y Bennett, 1998).

En chirimoyas “Fino de Jete” la caída de firmeza coincidió con el pico climatérico y el inicio de la producción de etileno así como también la actividad de la poligalacturonasa y la invertasa que se incrementaron al triple durante el tercer día después de la cosecha lo que sugiere que el ablandamiento de los frutos puede ser el resultado de la actividad conjunta de poligalacturonasa y celulasa pero cualquiera de las dos puede desempeñar papel preferencial en este proceso. Sánchez *et al.* (1998), mostraron que la actividad de celulasa y poligalacturonasa se incrementó antes de algún aumento visible en la producción de etileno, esto sugiere que la intervención del etileno en la expresión genética es baja o que la concentración interna de etileno es lo suficientemente alta para provocar esta expresión.

**Pérdida de peso.** La pérdida de peso está dada principalmente por la pérdida de agua y representa descenso en el peso fresco de la fruta y por lo tanto reducción de su valor en el mercado. Esta pérdida de agua es producto del mecanismo de la transpiración que es el proceso de evaporación de agua de las plantas y se lleva a cabo a través de los hidátodos, estomas y/o cutícula y su velocidad depende de la presencia de éstos elementos en cada uno de los órganos de la planta (Wills *et al.*, 1998).

Otro factor que determina la pérdida de agua es la naturaleza de la superficie de recubrimiento. Algunos frutos presentan una cubierta cerosa impermeables al agua y al vapor de agua. La estructura del recubrimiento ceroso es más importante que su

espesor pues constan de una estructura compleja y bien ordenada de capas imbricadas que ofrecen mayor resistencia a la permeación de agua que las más espesas pero de estructura plana. De los diversos componentes de la cera, la fracción suave determina la tasa de transpiración, la cera suave está compuesta por alcoholes de cadena larga, aldehídos, ésteres, ácidos grasos e hidrocarburos y ejerce un efecto supresor específico sobre el movimiento de agua (Pantástico, 1984a).

### **Técnicas de manejo postcosecha en frutos de chirimoya**

El control de temperatura y humedad relativa del aire alrededor del producto almacenado se ha venido practicando cada vez de forma más sofisticada para alargar la vida de anaquel. No obstante que el almacenamiento bajo refrigeración es el método más efectivo para alargar la vida de anaquel en postcosecha de chirimoyas, el almacenaje prolongado de ésta fruta está limitado por su alta susceptibilidad al daño por frío manifestado en trastornos fisiológicos como puntuaciones necróticas, moteado y pardeamiento epidermal (Undurraga-Martínez *et al.*, 1998).

Los principales beneficios que se obtienen de la aplicación de frío son la reducción de la velocidad respiratoria y la producción de etileno, sin embargo, de acuerdo con Alique *et al.*, (1994), la producción de etileno de los frutos de chirimoya almacenados a 10°C fue mucho más alta que en los almacenados a 20°C (Lahoz *et al.*, 1993), este comportamiento puede deberse a que entre menor es la temperatura menor será la velocidad de difusión de etileno. En 'Fino de Jete' y 'Campas' se ha establecido que la temperatura de almacenamiento entre 8 y 9°C en condiciones de aire y atmósfera controlada no presentaron daños. 'Concha lisa' y 'Bronceada' responden de forma diferente a las bajas temperaturas, la primera puede tolerar temperaturas de 7 a 8°C, y la segunda de 10 a 11°C. El análisis ultraestructural de chirimoyas almacenadas a temperaturas de refrigeración demostró que las almacenadas por seis días a 4°C, los gránulos de almidón no se degradaron, y aunque las paredes celulares

permanecieron intactas el sistema de membrana fue severamente dañado provocando con ello pérdida de compartimentalización celular (Gutiérrez *et al.*, 1992).

En otros estudios con chirimoyas “Concha Lisa” bajo condiciones de refrigeración a (6 °C) se encontró presencia de desórdenes fisiológicos a los 42 días de haber sido almacenados, caracterizados por aparición de puntuaciones de color negro en la epidermis, a los 44 días aparecieron manchas circulares de color café también en la epidermis y a los 46 días ocurrió pardeamiento epidermal, este último fue el daño más severo de los tres (Undurraga-Martínez *et al.*, 1998).

En estudios realizados por Melo *et al.*, (2002) en frutos de chirimoya almacenados a bajas temperaturas, se encontraron efectos positivos en la conservación de los frutos con el uso de una película plástica conocida como zeolita (polietileno elaborado con incorporación de un mineral denominado zeolita), pues retraso el deterioro de los frutos por dos semanas con respecto a los frutos testigo (almacenados en refrigeración sin película plástica), los primeros permanecieron intactos y con apariencia fresca hasta la cuarta semana de almacenamiento.

## CAPÍTULO III

### PLAN EXPERIMENTAL

#### Material vegetal

Los frutos de chirimoya se cosecharon en el huerto experimental de la Fundación Salvador Sánchez Colín ubicado en el municipio de Coatepec de Harinas, Edo. de México a 18° 46'38" L.N., 99°46'38" L.O. y 2 240 m de altura. La temperatura media anual es de 16°C con 1100 mm de precipitación media anual (Andrés-Agustín, 2004).



**Figura 2.** Cosecha de frutos.

#### Tratamientos

Experimento 1: La polinización manual se llevó a cabo durante la última semana de Mayo de 2005 y en Enero de 2006. Se cosecharon frutos de tres cultivares: White, Campas y Concha Lisa y la selección Selene que tenían 236, 237, 235 y 233 días de polinización (DDP) respectivamente y 3011 grados días de desarrollo (GDD) con la finalidad de determinar su potencial de manejo postcosecha a esta etapa de madurez fisiológica y realizar la selección para su evaluación en el segundo experimento de los genotipos que presentaron los mejores atributos de calidad. Las variables evaluadas fueron intensidad respiratoria, firmeza, pérdida de peso, sólidos solubles totales, acidez titulable y color.

Experimento 2. La polinización manual se realizó durante la última semana de Abril de 2006 y con la finalidad de determinar los índices de cosecha y relacionarlo con el potencial de manejo postcosecha a diferentes estados de madurez fisiológica, los frutos de los cultivares White, Campas y Concha lisa se cosecharon en noviembre y diciembre de 2006 a dos estados de desarrollo, 207 DDP, y 2544 GDD y 219 DDP y 2696 GDD, los cuales se almacenaron durante diez días a temperatura de 18 +/- 1°C y 40% de HR.

En éste experimento se descartó la evaluación de frutos de la selección Selene debido a lo heterogéneo de la producción detectada en el Experimento 1 y a su alta perecibilidad en comparación con los cultivares White, Campas y Concha lisa. Las variables cuantificadas fueron intensidad respiratoria, firmeza, pérdida de peso, acidez titulable, sólidos solubles totales, pH, almidón, glucosa, fructosa y sacarosa, vitamina C y color.

## **Metodología**

**Cálculo Grados Días de Desarrollo (GDD).** El cálculo se realizó durante el periodo comprendido entre el amarre del fruto y el día de la cosecha. Se registró la temperatura del aire con data logger (Hobo H08-003-02, Onset Computer Corporation) colocado en el sitio experimental. El registro de temperatura se hizo por periodos de una hora, con los cuales se calcularon los GDD por el método residual (Ecuación 1) (Austín y Ries, 1968; Warnock e Isaacs, 1969).

$$TA = \left( \frac{1}{24} \sum TD \right) - Tb \quad (1)$$

Donde

TA = Temperatura acumulada

TD = Temperatura registrada cada 60 minutos

Tb = Temperatura base, 7°C (George y Nissen, 1987)

**Intensidad respiratoria.** Se determinó por el método estático con cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 serie II, de columna empacada tipo abierta con capa porosa de sílica fundida (PLOT) y fase estacionaria poraplot Q de 27.5 cm de largo y 0.32 mm de diámetro interno, 0.45 mm de diámetro externo y 10 mm de grosor de la película con detector de ionización de flama (FID) y de conductividad térmica (TCD). De la cantidad de CO<sub>2</sub> del espacio de cabeza acumulado en el envase durante una hora se tomó 1 mL con la jeringa y se inyectó al cromatógrafo para cuantificar la concentración de CO<sub>2</sub>. El dato de concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón fue sustituido en la ecuación 2 para la cuantificación en ml Kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>. Se utilizó como unidad experimental un fruto de peso variable, el cual se colocó en un recipiente de 3 L aproximadamente y cuatro repeticiones por cada cultivar.

$$\frac{mLCO_2}{Kg.h} = \frac{(A_1) * [CO_2] * (V_1 - V_2) * (T)}{A_2 * P} \quad (2)$$

Donde:

[CO<sub>2</sub>] = concentración del estándar de CO<sub>2</sub> en µL Kg<sup>-1</sup>

A<sub>1</sub> = Área bajo la curva de 1 mL de muestra

A<sub>2</sub> = Área bajo la curva del estándar de CO<sub>2</sub> en ppm

V<sub>1</sub> = volumen del recipiente

V<sub>2</sub> = volumen del fruto

T = tiempo de acumulación de CO<sub>2</sub> emitidos por el fruto en horas

P = peso del fruto en kg

**Firmeza.** Se tomó la fuerza de penetración en kg en el mesocarpio por ambos lados de la parte ecuatorial de un fruto entero. La determinación se realizó con texturómetro universal marca FORCE FIVE de puntal cónico con diámetro de 8 mm. Se utilizaron muestras destructivas con tres repeticiones por cada cultivar. La lectura se tomó en Kg fuerza y se reportó en Newtons (N).

**Pérdida de peso.** Se utilizó un lote de tres frutos por cada cultivar, los cuales se pesaron de manera individual diariamente durante el periodo de maduración de diez días. Las pérdidas de peso acumulativas se reportaran en porcentaje con base al peso inicial de los frutos y aquellas registradas en cada periodo de evaluación de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$\%PP = \frac{Pi - Pf}{Pi} * 100 \quad (3)$$

Donde:

$\% PP$ = % de pérdida de peso

$Pi$ = peso inicial

$Pf$ = peso final

**Sólidos solubles totales.** Se determinó el contenido de sólidos solubles totales mediante el método AOAC (1990), con un refractómetro digital marca ATAGO de sensibilidad de 0.1 °Bx, a partir del extracto del jugo de aproximadamente 0.5 mL de una porción de mesocarpio homogenizado del fruto con tres repeticiones por cada cultivar. Las muestras fueron destructivas.

**pH y acidez titulable.** El pH se determinó a partir de 10 g de mesocarpio homogenizado de cada fruto con tres repeticiones, el cual se diluyó en 50 mL de agua destilada. La medición se realizó con un potenciómetro Corning (AOAC, 1990).

La acidez titulable se determinó mediante el método de la AOAC (1990). Se pesó 10 g de pulpa y se diluyeron con 50 mL de agua destilada, posteriormente se filtró el extracto y se tomaron 5 mL depositándolos en un matraz Erlenmeyer. Se agregó tres gotas de fenolftaleína y se tituló con NaOH al 0.01N. El contenido de acidez se obtuvo mediante la ecuación 4.

$$\% \text{ ácido málico} = \frac{(\text{gasto})(N)(\text{meq})(V)(100)}{P} \quad (4)$$

Donde:

Gasto = mL de NaOH gastados

V = volumen total (mL de agua mas g de pulpa)

Meq = miliequivalentes de ácido málico

N = normalidad del NaOH empleado (0.01)

P = peso de la muestra (g)

**Color.** Se tomaron los valores de luminosidad (L), y de los espectros a y b con un colorímetro Hunter Lab en la superficie de los frutos en dos puntos de la parte ecuatorial. Con estos valores se determinaron el ángulo de tono o hue de acuerdo a la ecuación 5 y la intensidad de color o croma mediante la Ecuación 6. Se utilizaron tres repeticiones por cada cultivar.

$$\text{hue} = \arctan \frac{b}{a} \quad (5)$$

$$\text{croma} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (6)$$

**Azúcares.** Se realizó utilizando el método enzimático propuesto por Scholes *et al.*, 1994, el cual consiste en reproducir la serie de reacciones enzimáticas secuenciales de la ruta de la glicólisis para convertir los azúcares solubles a glucosa 6-fostato, el sustrato para la reacción final, el cual resulta en la producción de NADH cuyo procedimiento detallado se describe en el Anexo 1. El NADH tiene una absorbancia máxima a una longitud de onda ( $\lambda$ ) de 340 nm que fue la  $\lambda$  a la que se realizaron las lecturas. En éste análisis se utilizaron tres frutos ó repeticiones de cada cultivar, los cuales fueron previamente homogenizados y cada repetición se analizó por triplicado. Los resultados se reportaron en  $\text{mg}100\text{g}^{-1}$ .

**Almidón.** Se determinó mediante el método descrito por Ortega y Rodríguez (1979). El residuo del tejido de mesocarpio de frutos de chirimoya, del cual se extrajeron previamente los azúcares solubles, se re suspendió en 70 mL de agua destilada, se llevó a ebullición durante 20 min. Posteriormente se dejó enfriar a 55°C para añadir 10 mL de diastasa (Merck) al 1%. Se incubaron en baño María a 55°C por 30 min. En esta etapa se realizó la prueba de yodo para comprobar que no existía más almidón con la pérdida del color violeta. La solución obtenida se filtró, se registró el volumen y se tomó una alícuota de 10 mL a la que se agregó 5 mL de HCl 1.125N, ésta solución se colocó en baño maría a 55°C durante 2 1/2 h, luego se ajustó el pH a 8 con NaOH al 50%. El volumen alcanzado se registró y a partir de esta solución se determinó la concentración de azúcares liberados por la hidrólisis del almidón mediante el método de antrona. El cálculo se realizó a partir de la ecuación obtenida con la elaboración de la curva estándar (Anexo 2). Los resultados fueron reportados en  $g100g^{-1}$ .

**Contenido de vitamina C.** Se utilizó el método propuesto por la A0AC (1990), por titulación con solución de Tillman. Se tomaron 5 g de mesocarpio homogenizado previamente y se diluyeron en 50 mL de ácido oxálico. Se tomó 1 mL de alícuota de la solución y se tituló con la solución de Tillman hasta notar el vire de color a rosa pálido visible por un minuto. El análisis se realizó con tres repeticiones por cada cultivar. Para el cálculo se utilizó la ecuación obtenida a partir de la elaboración de la curva estándar con ácido ascórbico (Anexo 3). Los resultados se reportaron en  $mg100g^{-1}$ .

### **Diseño experimental**

Se utilizó el diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial 2\*2 descrito en la ecuación 7.

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \beta_j + A\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (7)$$

Donde:

$Y_{ijk}$  es la respuesta

$\mu$  es la media general

$A_i$  es el efecto del nivel  $i$  de  $A$

$\beta_j$  es el efecto del nivel  $j$  de  $B$

$A\beta_{ij}$  es la interacción  $A*B$

$\varepsilon_j$  es el error experimental del  $i$ -ésimo tratamiento a la  $i$ -ésima repetición

### **Análisis estadísticos**

Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) con la prueba  $F$  para detectar el nivel de significancia de los efectos de los tratamientos y realizar comparación de medias y detectar diferencias significativas utilizando la prueba de Tukey a nivel de significancia del 5%. Se realizó análisis de correlación entre variables mediante el análisis de correlación de Pearson. Ambos análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SAS WINDOWS V8 2000.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Experimento 1

#### Cosecha

Los frutos se cosecharon con 3,011 grados días de desarrollo (GDD) acumulados desde el amarre de frutos con las características bioquímicas descritas en el Cuadro 2. La cosecha se realizó en un solo corte a este día debido a que la cáscara de los frutos presentó oscurecimiento y posibles daños debido a la presencia de heladas 24 días antes de la fecha asignada para el primer corte. La variación en el contenido de sólidos solubles totales entre los cultivares puede deberse a la variación en la posición de los frutos en el árbol, la influencia de la radiación solar y también por la diferencia en su constitución genética (Hall y Mcpherson, 1997), las diferencias en el contenido de almidón pueden deberse a las relaciones fuente demanda, donde juegan un papel importante en la acumulación de azúcares durante el desarrollo del fruto (Hubbard *et al.*, 1989).

**Cuadro 2.** Parámetros de cosecha de los frutos cosechados en enero de 2006.

GDD	DDP	Cultivar	Sólidos solubles totales (°Bx)	pH	Almidón (g/100g)
3011	236	White	7.33	5.93	12.0
	237	Campas	10.25	6.15	15.0
	235	Concha lisa	6.75	6.33	13.7
	233	S. Selene	10.25	5.85	16.2

GDD: Grados días de desarrollo

DDP: Días después de polinización

## Intensidad respiratoria

Los frutos mostraron comportamiento climatérico produciendo elevadas cantidades de CO<sub>2</sub> en comparación con otros frutos climatéricos lo cual es un factor determinante para su corta de vida de almacenamiento, en Campas se registraron cantidades de 195.4 mL de CO<sub>2</sub>Kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, lo que de acuerdo con Wills *et al.* (1998), es uno de los indicadores de que existe una actividad metabólica acelerada debido a su alto contenido de azúcares. Los frutos de “White”, “Campas” y la selección Selene presentan un primer pico respiratorio al segundo día después de cosechados, produciéndose mayor cantidad de CO<sub>2</sub> en los frutos de ‘Campas’ con 192.32 mLkg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, comparado con ‘Selene’ y ‘White’ que produjeron 33 y 40% menos respectivamente. En ‘White’ y ‘Campas’ el segundo pico se presentó al quinto día con un nivel mayor de producción de CO<sub>2</sub> del 21.4% en ‘Campas’, en ‘Selene’ el segundo pico se presentó al cuarto día lo cual, junto con el descenso más drástico de la firmeza, son indicadores de que estos frutos maduraron más rápido que el resto de los cultivares, los sólidos solubles y la acidez titulable se incrementaron más rápidamente y al sexto día los frutos comenzaron a presentar síntomas visibles de senescencia como separación de pedúnculo, hendiduras en la epidermis y escurrimiento de jugo lo que no ocurrió en ‘White’, ‘Campas’ y ‘Concha lisa’. En ‘Concha lisa’ el primer pico se presentó hasta el quinto día y el segundo pico al séptimo día, incrementándose la producción de CO<sub>2</sub> hasta en 41.4% al día siete con respecto al primer día. La presencia del doble pico climatérico también se ha registrado en guanábanas (Paull, 1982; Paull *et al.*, 1983), atemoyas ‘African pride’ y chirimoyas ‘Baldwin’, ‘Deliciosa’(Brown *et al.*, 1988) y ‘Fino de Jete’ (Martínez *et al.*, 1993) quienes, de acuerdo con Biale y Barcus (1970), atribuyen la existencia de los dos picos al hecho de que los frutos están constituidos por ovarios en diferentes estados de desarrollo, aunque existen argumentos que respaldan la idea de que el primer incremento se asocia a que el fruto exhibe comportamiento preclimatérico y el segundo incremento corresponde al pico climatérico debido a que en frutos del mismo género con morfología similar solo se ha encontrado un pico respiratorio (Broughton and Guat, 1979; Brown *et al.*, 1988) además en estudios con tejidos

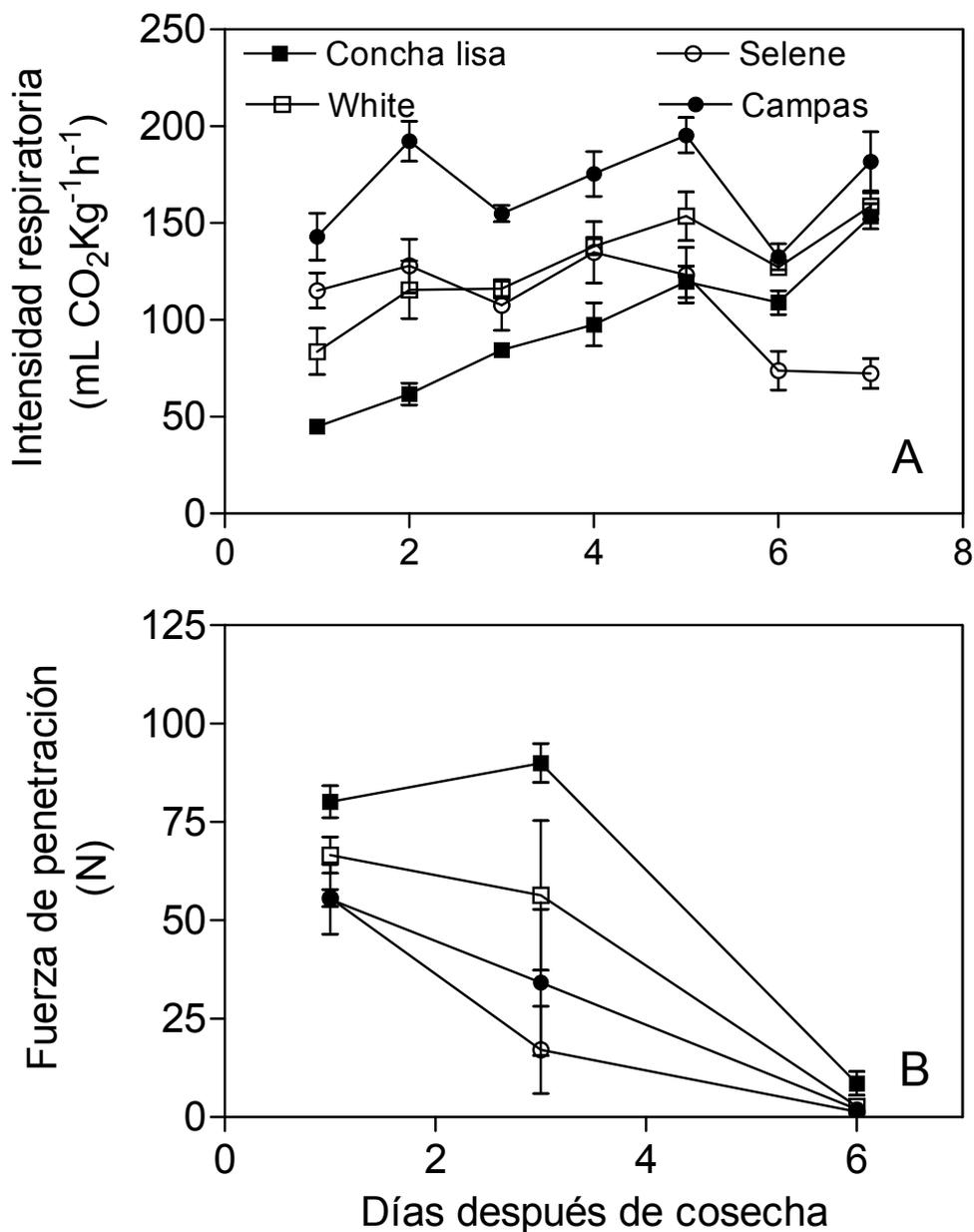
aislados de guanábana siguió el mismo patrón que el que presentaron los frutos enteros (Bruinsma y Paull, 1984). La producción de CO<sub>2</sub> fue superior a los 100 mLkg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, ubicándolos como frutos de alta intensidad y alta perecibilidad (Kader, 2002; Figura 3). En 'Concha lisa' el retraso del climaterio con respecto a los demás cultivares evaluados, así como la menor producción de CO<sub>2</sub>, propició mayor vida de almacenamiento, sin embargo, los resultados encontrados durante la fase de crecimiento de los frutos de 'White', 'Campas' y 'Selene' también muestran que éstos alcanzan la madurez fisiológica de forma prematura en comparación a 'Concha lisa' lo cual es consistente con su comportamiento postcosecha (Caballero, 2007).

### **Firmeza**

En 'White' y 'Campas' la firmeza descendió al tercer día después de la cosecha en 15.4% y 38% respectivamente; en 'Selene' la firmeza presentó reducción más notable con un 69%. En los tres cultivares el descenso de firmeza ocurrió justo un día después de presentarse el primer pico respiratorio (Figura 3). En 'Concha lisa' la reducción más notable en firmeza ocurrió hasta el sexto día en un 90% con respecto al tercer día, cabe señalar que al sexto día tanto 'Selene' como 'White' y 'Campas' llegaron a su punto mas bajo en la fuerza de penetración y máximos niveles en los parámetros de calidad como son el contenido de sólidos solubles totales y acidez titulable lo que indica que en este día se presentó la óptima calidad comestible y posteriormente comenzaron a desencadenarse los procesos metabólicos propios de la senescencia lo que no ocurrió en 'Concha lisa'.

Lo ocurrido en 'White', 'Campas' y 'Selene' coincide con lo reportado por Sánchez *et al.* (1998) en estudios con chirimoya 'Fino de Jete' donde la máxima caída de firmeza ocurrió al tercer día, esto fue al mismo tiempo que se presentó el pico respiratorio. La pérdida de firmeza puede atribuirse a la acción integrada de la poligalacturonasa y la endo-1,4-β-glucanasa (celulasa) ya que la máxima actividad de ambas se mostró al mismo tiempo que la caída de firmeza y el pico respiratorio lo que indica la fuerte correlación de estos eventos en el proceso de degradación de los compuestos estructurales de la pared celular ocasionados por la actividad de las enzimas

mencionadas dentro de las cuales pueden también estar involucradas, las pectatoliasas, pectinmetilesterasa,  $\beta$ -galactosidasa y acetilesterasas (Paull y Jung, 1983; Matoo *et al.*, 1984; Knee, *et al.*, 1991; Marín-Rodríguez *et al.*, 2002)



**Figura 3.** Patrón respiratorio (A) y firmeza (B) de los frutos de “White”, “Campas” “Concha Lisa” y la selección Selene cosechados en enero de 2006.

## Pérdida de peso

La selección Selene perdió significativamente más peso que 'White' y 'Campas' hasta el séptimo día, mientras que en 'Concha lisa' las pérdidas fueron significativamente iguales desde el tercer día después de la cosecha. La elevada pérdida de peso en 'Selene' pudo deberse a la excesiva deshidratación de los frutos como resultado de la actividad metabólica propia de senescencia más acelerada en estos frutos, además estos frutos se ven más afectados por la manipulación y daños mecánicos debido a lo sensible de su epidermis debido quizá a que ésta es mas delgada que en los frutos de "White", "Campas" y "Concha Lisa", ya que de acuerdo con Caballero (2007) los frutos de "Selene" presentan menor porcentaje de cáscara comparado con los cultivares mencionados. En contraste, aunque no se observan diferencias significativas con respecto a "White", "Selene" y "Concha lisa"; en 'Campas' se presentó, numéricamente, la menor pérdida de peso a lo largo de todo el proceso de maduración debido probablemente a la naturaleza y composición de su superficie de recubrimiento (Cuadro 3) (Pantástico, 1984a; Wills *et al.*, 1998).

**Cuadro 3.** Comparación de medias de la pérdida de peso en porcentaje de tres cultivares y la selección de frutos de chirimoya cosechados en Enero de 2006.

Días después de cosecha	Cultivar			
	White	Campas	Concha lisa	Selene
1	0	0	0	0
2	1.47a	1.42a	1.60a	1.86a
3	3.15b	3.24b	3.34ab	4.38a
4	4.84b	4.99b	5.20ab	6.85a
5	7.06b	7.12b	7.39ab	9.59a
6	8.91b	8.83b	9.36ab	11.83a
7	10.81b	10.54b	11.34ab	14.11a
8	12.87ab	12.28b	13.4ab	16.41a
9	15.28ab	14.46b	15.85ab	19.29a

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. Tukey  $\alpha=0.05$ . n=4

### **Sólidos solubles totales y acidez titulable**

En la selección 'Selene' los sólidos solubles totales (SST) se incrementaron de 12 a 16°Bx del primero al sexto día después de cosecha respectivamente, la acidez titulable se incrementó de 0.17 a 0.37%, y el pH redujo de 5.8 a 5.1. En 'Concha lisa' los SST incrementaron de 7 a 14°Bx desde el primero al sexto día después de la cosecha, la acidez se incrementó de 0.23% a 0.46% al sexto día de almacenamiento presentándose ligera reducción al noveno día a 0.41%, el pH se redujo de 6.33 a 5.23. En 'White' hubo incremento de 6.7 a 14.4°Bx, la acidez titulable aumentó de 0.26 a 0.49% mientras que el pH redujo de 5.9 a 4.75, hasta el sexto día después de cosecha. En 'Campas' los SST aumentaron de 10 a 15°Bx, la acidez también aumentó de 0.3 a 0.42%, y el pH se redujo de 6.15 a 4.97, comportamiento similar se reporta en el estudio realizado con chirimoyas por Martínez *et al.* (1993) donde los SST se incrementaron de 13 a 17°Bx al quinto día de maduración postcosecha, el pH descendió de 6.3 a 5.0 e incremento de la acidez titulable de 0.06 a 0.32% y en estudios realizados por Gutiérrez *et al.* (1994b) en chirimoyas almacenadas a 22°C los SST se incrementaron al cuarto día después de cosecha desde 8 a 22°Bx y el pH de 6.2 a 4.3 al sexto día después de cosecha. El incremento conjunto de la cantidad de sólidos solubles totales y la acidez titulable en frutos de chirimoya es necesario ya que de éste equilibrio depende la calidad en sabor de los frutos.

La relación SST/AT no presentó cambios significativos a lo largo del periodo de maduración, no obstante que si se detectó diferencia significativa entre la selección 'Selene' y los cultivares 'White', 'Campas' y 'Concha lisa' debido a que se presentó mayor acumulación de sólidos solubles totales cuyos principales compuestos constituyentes en el mesocarpio son glucosa y fructosa como resultado de la degradación de almidón por la actividad de la amilasa, cuya actividad a su vez, podría estar asociada con la producción interna de etileno en el fruto (Cuadro 4), (Paull, *et al.*, 1983).

El comportamiento de los SST es uno de los indicadores de de que los frutos han alcanzado su óptima calidad comestible, ya que conforme éstos ascienden, se incrementa también el contenido de azúcares de los frutos al mismo tiempo que la

acidez. El equilibrio entre el contenido de acidez y azúcares proporciona a los frutos su característico sabor, lo que de acuerdo con lo obtenido en la relación SST/AT, en “White” se presentó el mejor resultado al mostrarse significativamente los valores más bajos con respecto a ‘Campas’, ‘Concha lisa’ y ‘Selene’ (Cuadro 4). En estos eventos fisiológicos está involucrada la producción de etileno que, de acuerdo con estudios ya realizados en chirimoya, cuando comienza la emisión de éste compuesto se desencadenan también los cambios fisicoquímicos relacionados con el incremento de sólidos solubles totales tales como la producción de azúcares y degradación de almidón. Estos procesos se desencadenan durante los primeros días de almacenamiento postcosecha a condiciones normales, lo que explica su elevada perecibilidad y por consiguiente la corta vida de anaquel que influye directamente en pérdidas considerables en el mercado (Martínez *et al.*, 1993).

**Cuadro 4.** Comparación de medias de la relación SST/AT de los frutos de tres cultivares y una selección de frutos de chirimoya cosechados en enero de 2006.

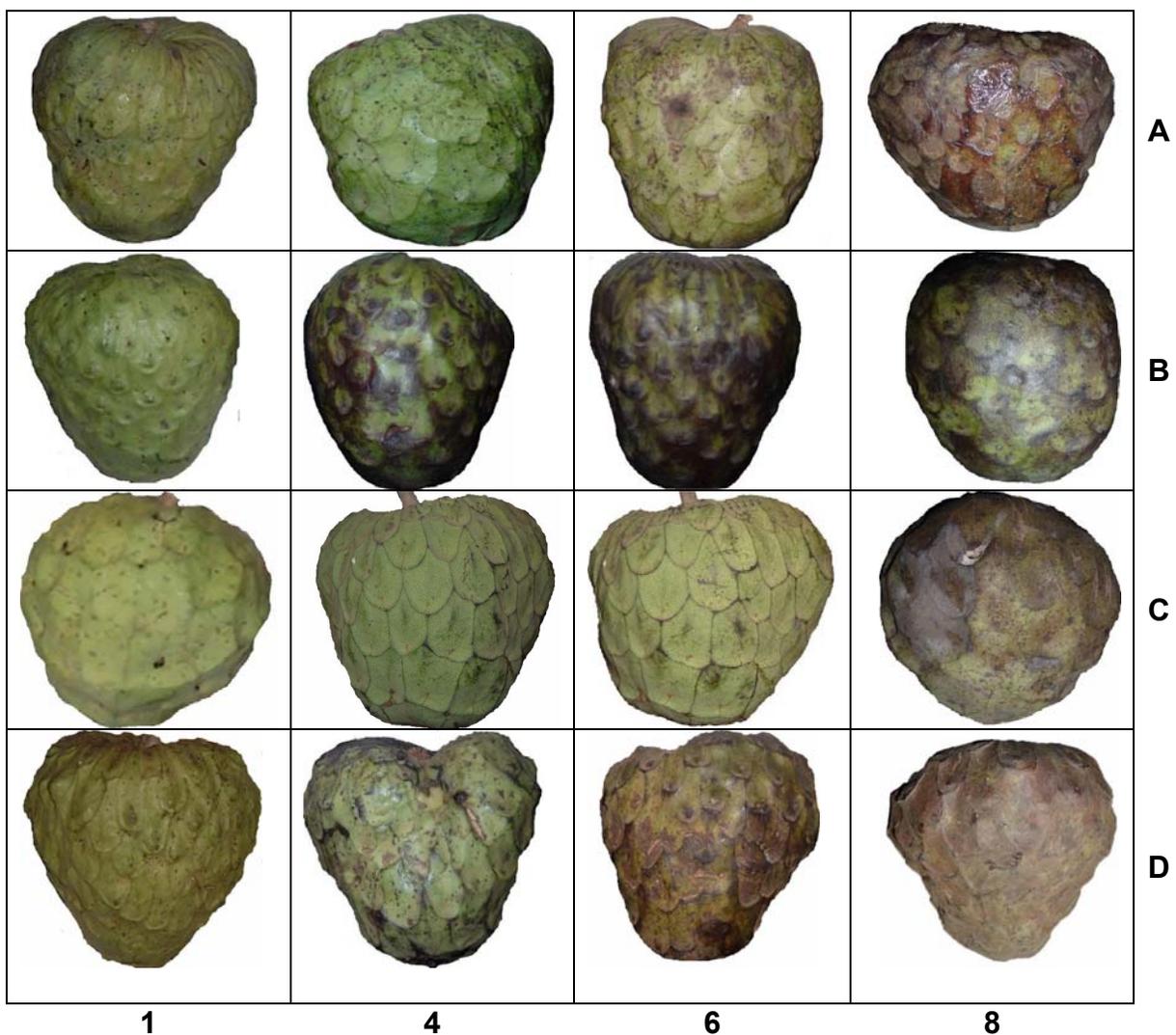
	Días después de cosecha	Genotipo			
		Cv. White	Cv. Campas	Cv. Concha lisa	S. Selene
SST/AT	1	25.96b	34.17b	31.87b	71.35a
	3	29.08c	35.86b	30.75bc	46.30a
	6	29.35c	35.88b	30.43c	48.12a
pH	1	5.93a	6.15a	6.33 <sup>a</sup>	5.85a
	3	5.53b	5.65b	5.95 <sup>a</sup>	5.15c
	6	4.75c	4.98ab	4.90b	5.10a

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. Tukey  $\alpha=0.05$ . n=4

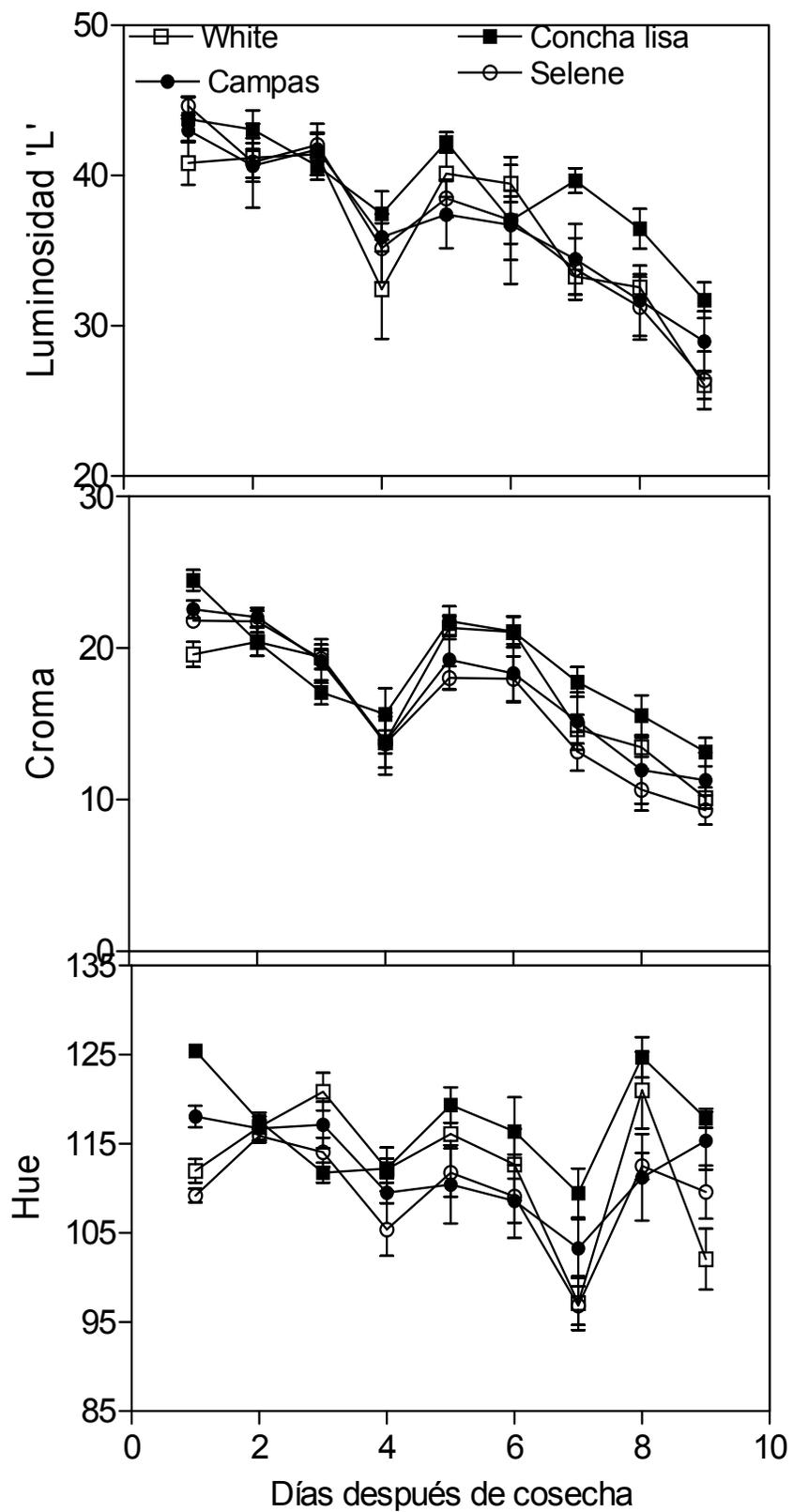
### Color: Luminosidad, Hue y Croma

La luminosidad y la intensidad de color de los frutos se redujeron gradualmente a lo largo de la maduración de los frutos debido al oscurecimiento de la epidermis que caracteriza a éstos frutos en proceso de senescencia (Figura 4). Este comportamiento se observó en ‘White’, ‘Campas’ y ‘Selene’ en la misma intensidad y

en 'Concha lisa' en menor grado ya que se observó una reducción mas ligera del hue y del croma a lo largo del proceso de maduración (Figura 5), de acuerdo con Martínez-Cayuela *et al.* (1988), el oscurecimiento en el epicarpio de las chirimoyas es ocasionado por la actividad de las enzimas monohidroxifenolasa y dihidroxifenolasa a través de dos diferentes reacciones bioquímicas, la hidroxilación de monofenoles como la tirosina, tiramina y p-cresol a sus correspondientes difenoles y oxidación de o-dihidroxifenoles como catecol, y L-DOPA a o-quinonas y dopacroma respectivamente.



**Figura 4.** Cambios durante el Proceso de maduración de frutos de los cultivares: White (A), Campas (B), Concha lisa (C) y selección Selene (D) a los 1, 4, 6 y 8 días después de cosecha.



**Figura 5.** Luminosidad, Cromo y Hue de los frutos de los frutos de “White”, “Campas”, “Concha lisa” y selección Selene cosechados en Enero de 2006.

## Experimento 2

### Cosecha

El rápido desarrollo del fruto, de acuerdo con Alique y Zamorano (2000), está determinado por la adecuada temperatura del ambiente por lo que ellos encontraron que la polinización temprana da lugar a que los frutos se cosechen a estados de desarrollo más temprano que los polinizados en épocas tardías que es cuando las temperaturas tienden a bajar, lo que soporta la idea de que no es recomendable tomar en cuenta los días después de polinización relacionándolo a tamaño de fruto, cabe señalar que en este estudio tampoco se encontró relación entre el tamaño del fruto y un fruto fisiológicamente maduro a ninguno de los dos estados de desarrollo cosechados.

Los resultados obtenidos en el patrón de maduración postcosecha del Experimento 1, dieron pauta para determinar algunos de los parámetros para llevar a cabo la cosecha de los frutos de la producción del año 2006, como acumulación de horas calor cuantificadas como grados días de desarrollo, apariencia externa (coloración y tamaño), pH, sólidos solubles totales y almidón. Las bajas temperaturas, menores a 5°C, registradas en la tercera fase de desarrollo de los frutos, causaron daños severos en el color de la epidermis de los frutos que paso a ser mas oscura sobre todo en 'Concha lisa', lo que fue un factor que se tomó en cuenta para realizar la cosecha antes de llegar a este periodo.

Los frutos de 'Campas' y 'White' desarrollaron características de sabor más dulce que en 'Concha lisa' ya que de acuerdo con Tietz (1988) un elevado contenido de sólidos solubles totales al momento de la cosecha, se refleja en sabor más aceptable en frutos ya maduros de chirimoya. El color de la epidermis se descartó como índice de cosecha debido a que no se observó cambio visible en las últimas etapas del desarrollo de los frutos como también se encontró en otro estudio realizado por Berger y Galletti (2005) donde se llevó el registro de los valores de L, a y b durante el proceso de crecimiento y desarrollo de chirimoyas cosechadas en dos localidades,

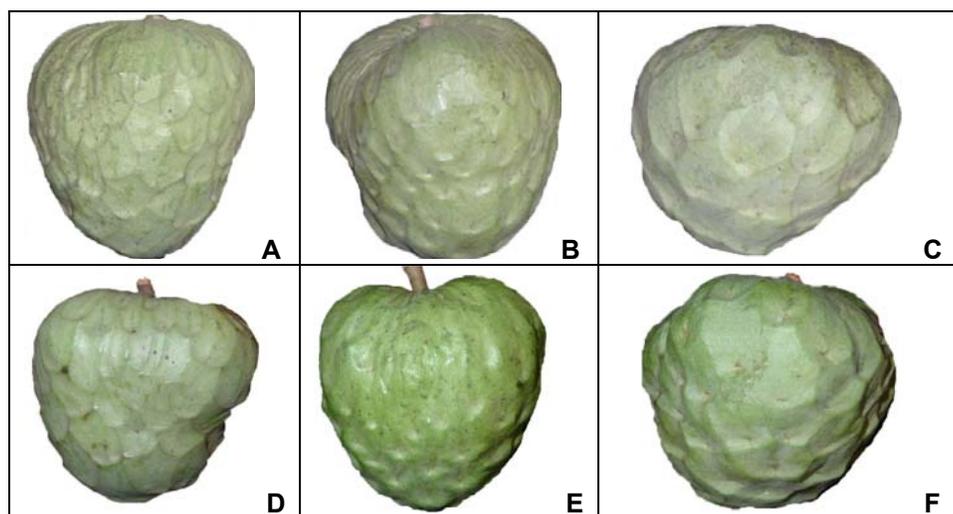
sin presentarse cambios significativos que puedan marcar diferencias al momento de la cosecha de los frutos (Cuadro 5).

En éste experimento se descartó la evaluación de la selección Selene debido a que en el Experimento 1 se encontró calidad aun deficiente en la producción por su heterogeneidad en tamaño y poca resistencia a manipulación y daños mecánicos.

**Cuadro 5.** Parámetros de los frutos de tres cultivares de chirimoyas cosechadas a dos estados de desarrollo.

DDP	GDD	Cultivar	SST (°Bx)	pH	Almidón (g/100g)
207	2544	White	10.67a	5.7a	5.85a
		Campas	10.83a	6.5a	6.09a
		Concha lisa	10.40a	6.1a	5.75a
219	2696	White	9.37ab	6.4a	5.85a
		Campas	9.57a	6.2a	6.95a
		Concha lisa	7.67b	6.0a	6.32a

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)



**Figura 6.** Apariencia de los frutos de chirimoya al momento de la cosecha en dos estados de desarrollo: ‘White’, 207 DDP (A); ‘Campas’, 207 DDP (B); ‘Concha lisa’, 207 DDP(C); ‘White’, 219 DDP (D); ‘Campas’, 219 DDP (E); ‘Concha lisa’, 219 DDP (F).

## Intensidad respiratoria

Los frutos de “White” presentaron un patrón de respiración mayor en los frutos cosechados a los 207 DDP, presentándose el primer pico al sexto día después de cosecha, en ambos estados fisiológicos con  $146.62 \text{ mL de CO}_2\text{Kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ . Los frutos de la segunda cosecha tuvieron un máximo de  $95.72 \text{ mL de CO}_2\text{Kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ . También en ‘Campas’ se presentó el primer pico respiratorio al sexto día con una producción de  $\text{CO}_2$  de 17% mayor en los frutos cosechados a los 207 DDP. En ambos se presentó diferencia significativa entre los frutos cosechados a los 207 y 219 DDP en los picos máximos, este comportamiento puede atribuirse principalmente a la heterogeneidad a la que los frutos alcanzaron la madurez fisiológica en el árbol, no obstante que en ambos estados de desarrollo se alcanzó la óptima calidad comestible.

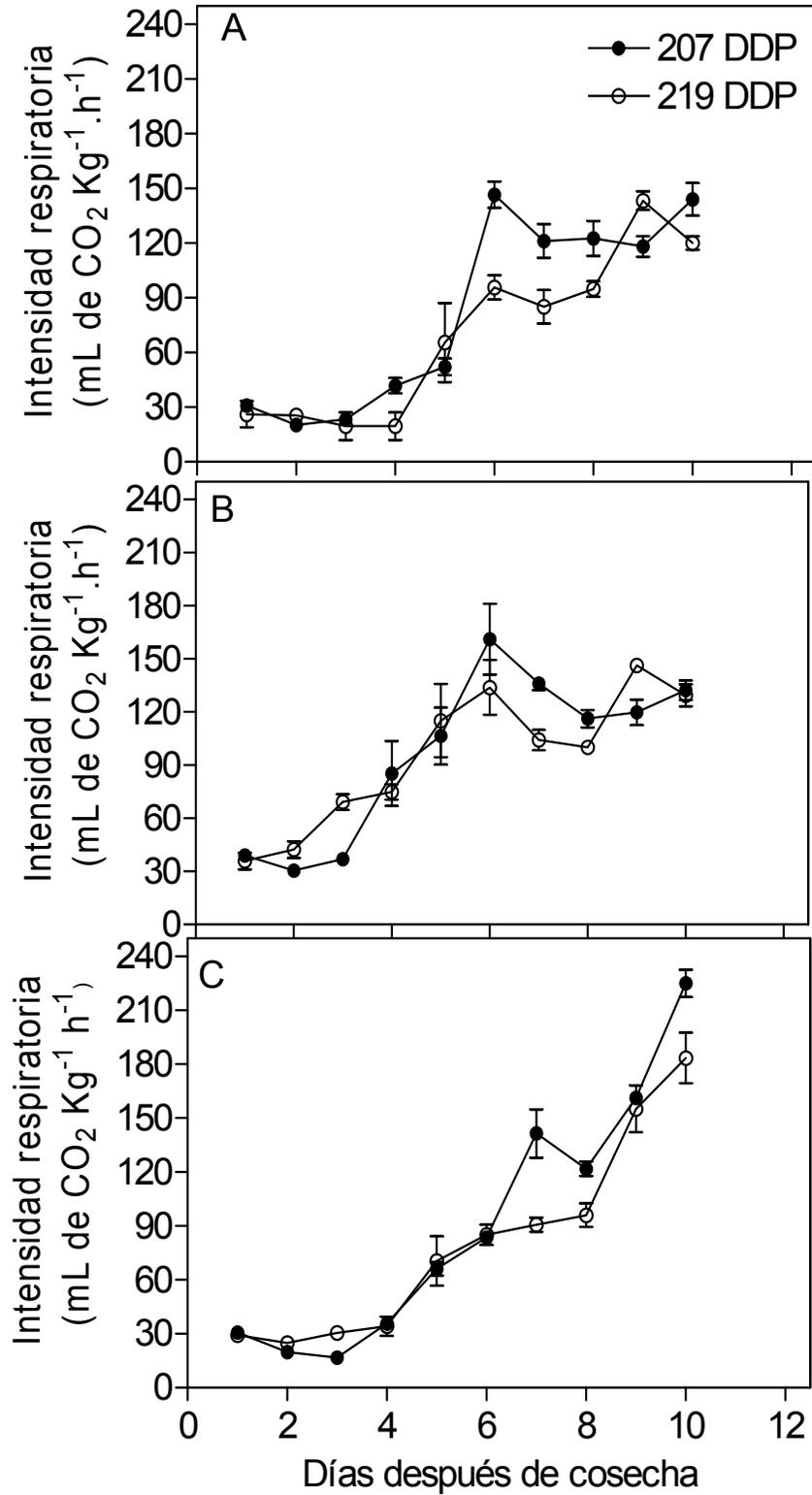
‘Concha lisa’ presentó un patrón respiratorio diferente en comparación con ‘White’ y ‘Campas’ ya que durante los diez días de almacenamiento solo se observó un pico en la intensidad respiratoria, no obstante que se registró mayor producción de  $\text{CO}_2$ , lo que puede indicar mayor actividad fisiológica durante la etapa evaluada (Nomura *et al.*, 1997, Wills *et al.*, 1998; Figura 7).

En ‘White’ y ‘Campas’ si se presentó el segundo pico respiratorio, comportamiento propio de algunos frutos de anonáceas y chirimoyas de otros cultivares ya que también se ha encontrado en guanábana (Paull, 1982; Paull *et al.*, 1983; Bruinsma y Paull, 1984), *A. atemoya* ‘African Pride’, *A. squamosa* ‘Verde’ y ‘Morada’; *A. cherimola* ‘Chaffey’, (Kosiyachinda y Young, 1975) ‘Baldwin’ y ‘Deliciosa’ (Brown *et al.*, 1988) donde, aunque no está completamente entendida la razón por la que ocurren los dos incrementos, se atribuye que debido a la morfología de los frutos conformada por múltiples ovarios cada uno alcanza el máximo climatérico a diferentes etapas (Biale y Barcus, 1970; Kosiyachinda y Young, 1975), sin embargo, Bruinsma y Paull (1984) proponen que el climaterio esta precedido por un preclimaterio, que respaldan con dos argumentos; primero, el segundo pico respiratorio coincide con la producción autocatalítica de etileno y, segundo, se

encontró que la respiración de los discos aislados de la fruta sigue el mismo patrón que el de los frutos enteros por lo que se plantea que el fruto madura como un todo y no de manera aislada. En las pruebas de comparación de medias del patrón respiratorio de los frutos no se encontraron diferencias significativas entre cultivares y entre estados fisiológicos de desarrollo (Cuadro 11-Anexo 4).

La correlación entre la firmeza y la intensidad respiratoria es negativa oscilando alrededor de -0.71 y -0.83. La caída de firmeza comenzó al mismo tiempo que el inicio de la producción de CO<sub>2</sub> y la máxima caída se presentó inmediatamente después del primer pico respiratorio, es decir al sexto día en 'White' y 'Campas' y al noveno día en 'Concha lisa' que puede indicar que la actividad respiratoria estuvo ligada a los eventos enzimáticos que desencadenan el proceso de hidrólisis de los compuestos de la pared celular (Brady, 1987). La máxima concentración de acidez y de sólidos solubles totales se presentó al mismo tiempo que el primer pico respiratorio presentando correlaciones por encima de 0.65, lo cual fue un indicador de que a este tiempo se alcanzó la óptima calidad de madurez comestible.

La actividad respiratoria está también correlacionada de forma positiva con la pérdida de peso, contenido de sólidos solubles totales, concentración de glucosa, fructosa y sacarosa, por lo que la tendencia a incrementarse de éstas variables son signos de que existió maduración normal en los frutos de los tres cultivares cosechados a los dos estados de desarrollo (Anexo 5).

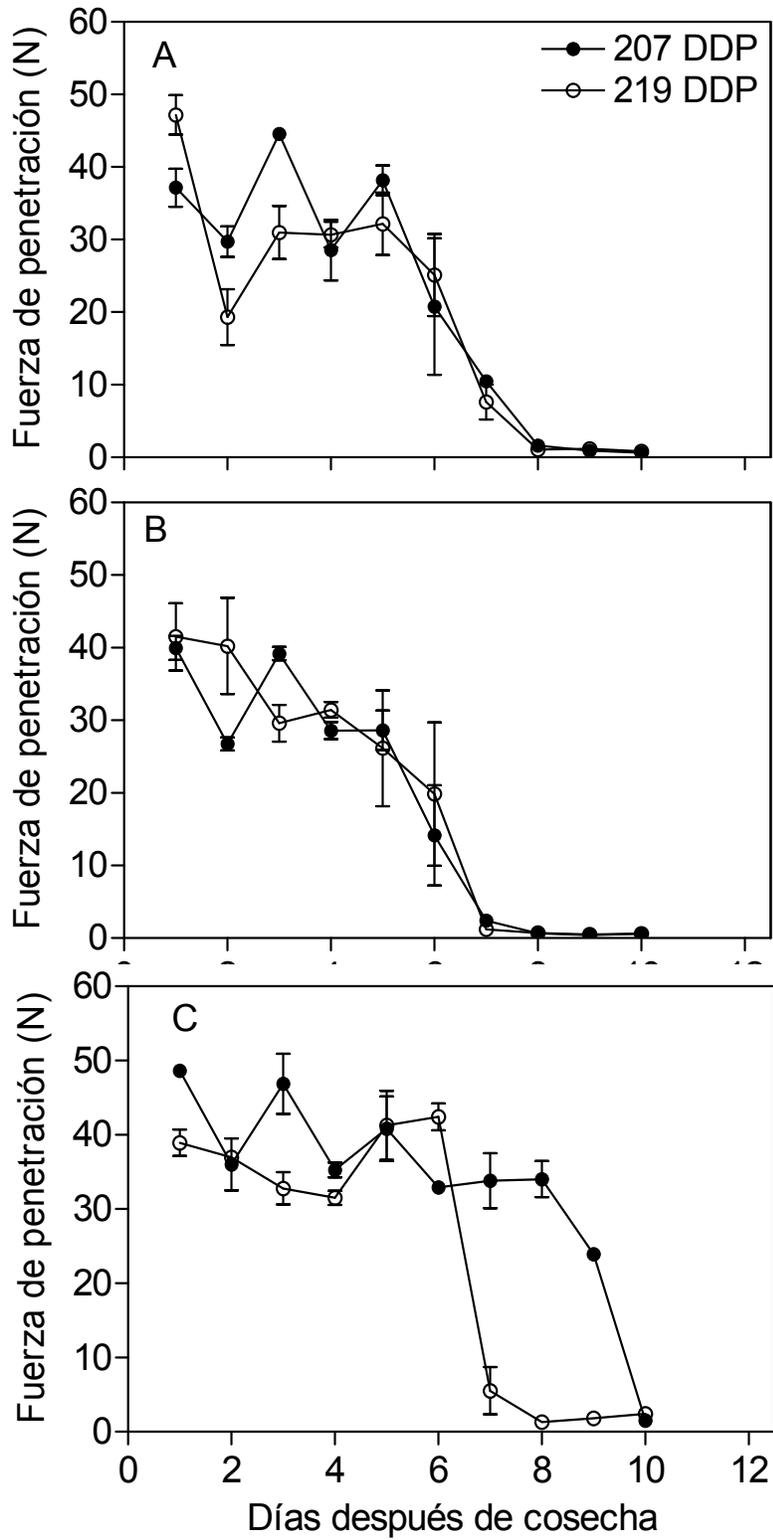


**Figura 7.** Intensidad respiratoria de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluadas en dos estados de desarrollo: 207 y 219 Días después de polinización (DDP).

## Firmeza

Los frutos de los tres cultivares se mantuvieron firmes durante los primeros cinco días después de cosecha, al sexto día comenzó la caída de firmeza que muestra la actividad de enzimas involucradas en la descomposición de los compuestos estructurales inducida por el etileno, de acuerdo con lo expuesto por Brown *et al.* (1988) y Palma *et al.* (1993) (Figura 8). Las enzimas cuya presencia se ha demostrado durante la maduración de frutos de chirimoya y que están involucradas en la descomposición de los compuestos de la pared celular, evento por el cual se presenta ablandamiento del mesocarpio, son las poligalacturonasas y celulasas cuya máxima actividad coincide con el pico respiratorio. En 'White' y 'Campas', la máxima caída de la firmeza tiene correlaciones con el pico respiratorio de -0.7 a -0.83 en los dos cultivares así como también al mismo tiempo se presentó el máximo contenido de acidez, sólidos solubles totales y vitamina C, lo que indica que al sexto día los frutos presentaron la óptima calidad comestible de acuerdo con estos atributos de calidad.

En 'Concha lisa' la firmeza presentó la máxima reducción (97%) del noveno al décimo día en la primera cosecha y del sexto al séptimo día (86%) en la segunda cosecha, en este cultivar si se presentan diferencias significativas en los registros de firmeza entre la primera y segunda cosecha por lo que se respalda la idea de que en 'Concha lisa' se presenta mayor actividad fisiológica a los 219 DDP que a los 207 DDP, debido quizá a que la sensibilidad de las frutas al etileno se incrementa con la edad de éstas induciéndose la mayor actividad de las enzimas degradantes de los compuestos de la pared celular que son las poligalacturonasas, celulasas (Paull y Jung, 1983; Matoo *et al.*, 1984) y pectatoliasas (Marín-Rodríguez *et al.* 2002).



**Figura 8.** Firmeza de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluadas en dos estados de desarrollo.

## **Pérdida de peso**

En 'White' y 'Concha lisa' se presentaron pérdidas de peso por encima del 5% al cuarto día después de cosecha, aunque a este día aun no presentaron cambios visibles en su apariencia externa, ya que de acuerdo con Wills *et al.* (1998), en la ausencia de cambios visibles la pérdida de agua puede causar pérdida de turgencia, así como otros cambios indeseables en color y palatabilidad, y la firmeza de los frutos aun era de alrededor de 30 N para ambos cultivares lo que indica que aun conservan su calidad comercial a esta etapa a diferencia de lo que puede ocurrir con otros frutos perecederos, ya que la pérdida de peso de los frutos por encima del 5% causa daños que repercuten directamente en la calidad comercial de los frutos modificándose drásticamente la apariencia externa que ocurre con mayor rapidez en ambientes con baja humedad relativa (Wills *et al.*, 1998).

En 'Campas' la pérdida de peso fue significativamente menor a lo largo de los 10 días de almacenamiento que en 'White' y 'Concha lisa' debido probablemente a que en estos frutos la pérdida de agua fue menor, como lo explican Pantástico (1984a) y Wills *et al.* (1998), y entre ambos estados de desarrollo no se observaron diferencias significativas en ninguno de los tres cultivares (Cuadro 6).

Se encontró que existe alta correlación positiva, de alrededor de 0.89, con la intensidad respiratoria y firmeza lo que indica que a mayores tasas de producción de CO<sub>2</sub> los síntomas de senescencia se acentúan más rápidamente, como la pérdida de turgencia de los frutos debido al proceso de deshidratación y ablandamiento. También la correlación es positiva con el contenido de sólidos solubles totales, y se observa correlación negativa, alrededor de -0.80, con los parámetros de color (Luminosidad, croma y hue) lo que indica que conforme la pérdida de peso aumenta a lo largo del proceso de maduración y senescencia se presenta oscurecimiento en la cáscara de los frutos como otro síntoma visible de senescencia, probablemente como producto de la síntesis de pigmentos oscuros como la melanina en la epidermis

de los frutos como lo exponen Coseteng y Lee (1987) y Martínez-Cayuela *et al.* (1988).

**Cuadro 6.** Comparación de medias del % de pérdida de peso de los frutos de tres cultivares de chirimoya evaluados en dos estados de desarrollo.

Días después de cosecha	Días después de polinización					
	207			219		
	White	Campas	Concha lisa	White	Campas	Concha lisa
1	0	0	0	0	0	0
2	1.61ab	1.11c	1.52bc	2.00a	1.86ab	1.77ab
3	3.50a	2.47b	3.38a	3.77a	3.35a	3.51a
4	5.30a	3.74b	5.21a	4.90a	4.69ab	4.93a
5	6.90a	4.99c	6.83a	6.53ab	5.79bc	6.15ab
6	8.81a	6.24c	8.58a	8.19a	6.94bc	7.70ab
7	10.79a	7.50d	10.67a	9.71ab	8.17dc	9.27bc
8	12.23ab	8.96d	12.69a	11.08bc	9.20d	10.66c
9	13.74a	10.29c	14.11a	12.49ab	10.37c	11.69bc
10	15.37ab	11.75d	15.80a	14.02bc	11.70d	13.56c

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)

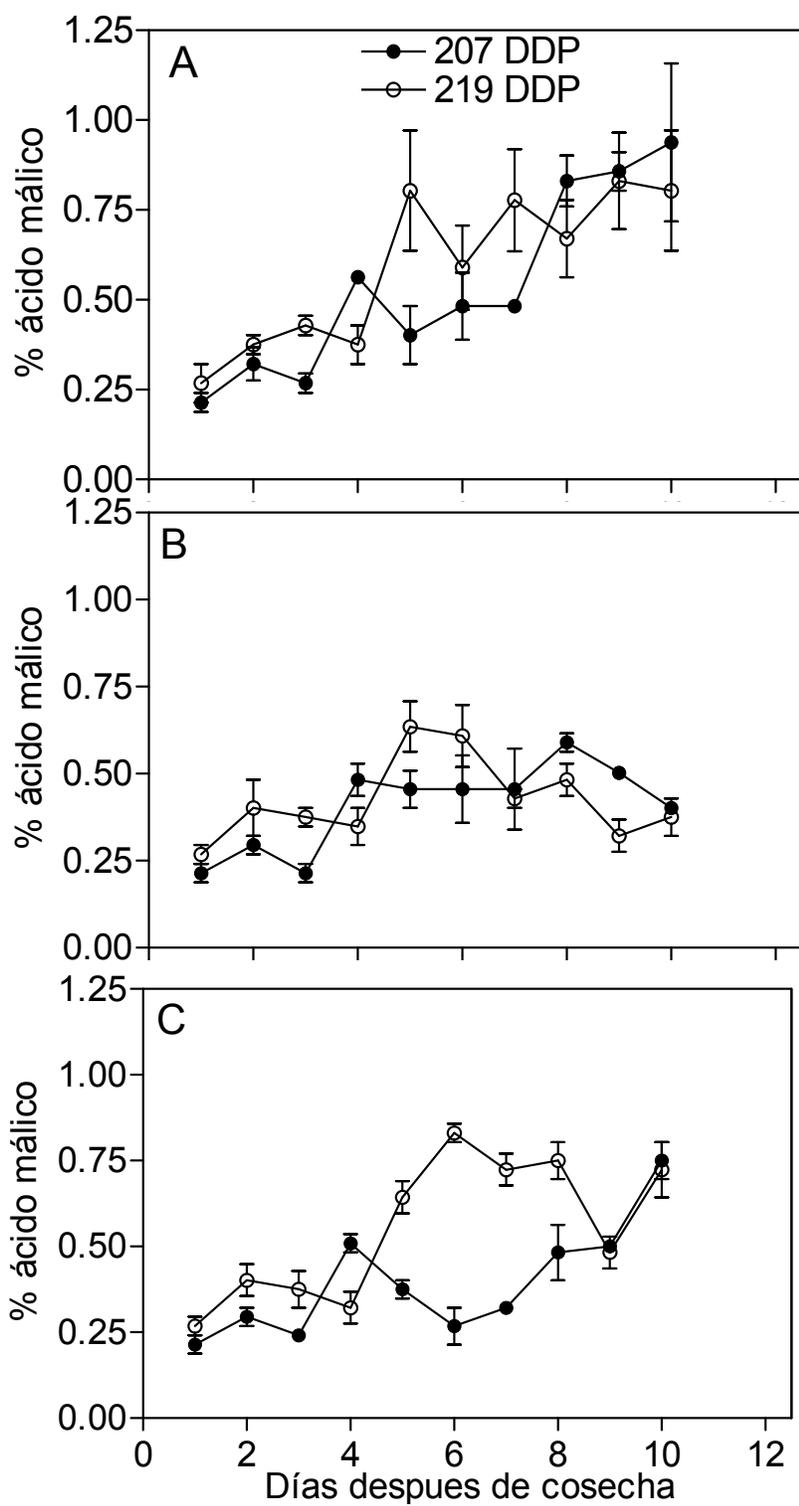
### Acidez titulable y pH

La acidez titulable cuantificada como ácido málico, presenta un incremento consistente en los tres cultivares. En 'White' la acidez alcanzó su máxima concentración en el día cuatro en la primera cosecha y al día cinco en la segunda, lo cual antecede con un día el primer pico respiratorio, posteriormente hay ligeras reducciones y se eleva nuevamente la acidez antes del segundo incremento respiratorio (Figura 9); en 'Campas' y 'Concha lisa' el comportamiento es similar con incrementos de acidez y reducción de pH un día antes de los incrementos respiratorios. Éste mecanismo probablemente está dado por que el exceso en la producción de OH<sup>-</sup> incrementa el pH citoplásmico suficientemente para incrementar

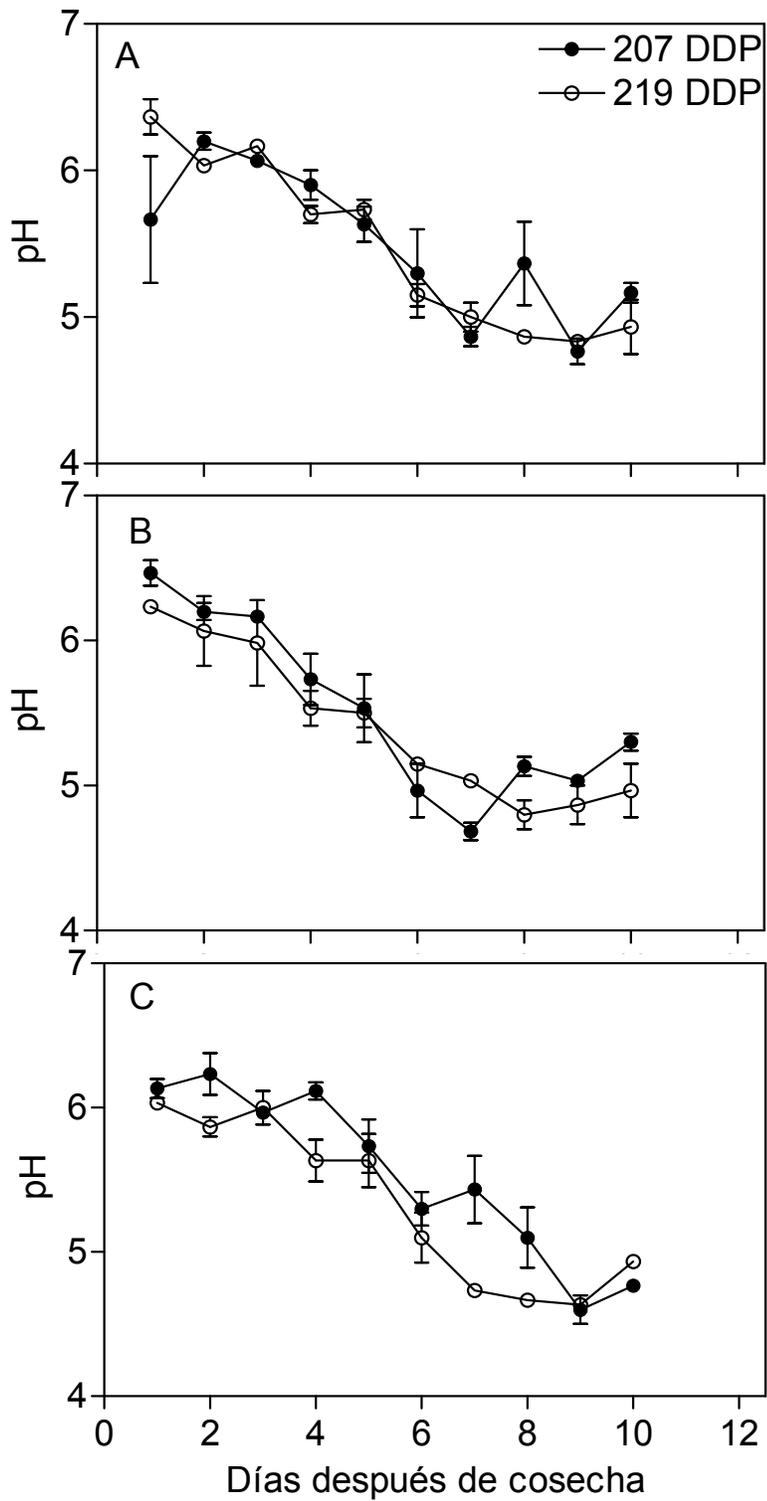
la actividad de fosfoenolpiruvato carboxilasa, esto provocó la formación y disociación de ácido málico, y posteriormente la producción de  $H^+$  disminuyendo el pH citoplásmico e inhibiendo la formación de malato y activando la enzima málica que cataliza la producción de piruvato y en consecuencia la producción de  $CO_2$  y  $OH^-$  (Muñoz *et al.*, 2004; Drincovich *et al.*, 2001; Edwards y Andreo, 1992; Smith y Raven, 1979; Dilley, 1962).

El incremento de acidez toma un papel importante en el comportamiento de la relación SST/AT, ya que de su balance depende el delicado sabor agridulce que debe poseer un fruto en el punto óptimo de madurez comestible. 'Concha lisa' presentó acidez titulable significativamente más elevada en los frutos cosechados a los 219 DDP, mostrándose la mayor acumulación al día seis después de cosecha que fue cuando los frutos estuvieron en su óptima calidad comestible. De los tres cultivares evaluados, 'Campas' presentó menor acidez a lo largo del proceso de maduración con rangos que no rebasaron 0.75% y los más ácidos fueron los frutos de 'White' alcanzando valores por arriba de 1%, este comportamiento tiene una influencia directa en el sabor agridulce que se logró en este cultivar a diferencia del alcanzado por 'Campas' que presentó sabor ligeramente más dulce que ácido y en 'Concha lisa' que presentó sabor astringente.

'White' mostró correlaciones positivas altas con la firmeza y sólidos solubles totales, concentración de azúcares, lo que indica que mientras los frutos son más blandos y dulces se incrementa la acidez a lo largo del proceso de maduración. 'Campas' no se observó tendencia clara en el incremento de acidez por lo que no se encontraron correlaciones con el resto de las variables evaluadas. En 'Concha lisa' la acidez presentó incrementos más notables en la segunda cosecha mostrándose correlaciones positivas con la intensidad respiratoria, pérdida de peso, sólidos solubles totales, y concentración de azúcares lo cual indicó que a los 219 DDP los frutos presentaron mejores características en sabor que en los cosechados a los 207 DDP.



**Figura 9.** Cambios en la acidez titulable de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B) y 'Concha lisa' (C) evaluadas en dos estados de desarrollo.



**Figura 10.** Cambios en el pH de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B) y 'Concha lisa' (C) evaluadas en dos estados de desarrollo.

## Almidón

El almidón, compuesto que de acuerdo con Caballero (2007), se acumula hasta antes de la cosecha sobre todo durante la fase III de crecimiento del fruto, comienza a disminuir desde el momento de la cosecha y a lo largo del periodo de maduración. En los tres cultivares evaluados, los frutos cosechados a los 207 DDP presentaron mayor contenido de almidón que los cosechados a los 219 DDP, no obstante que a lo largo de la maduración la degradación presentó comportamiento similar presentando en ambos estados de desarrollo contenidos similares al final del periodo ya que no se presentó diferencia significativa (Cuadro 19-Anexo 4) lo que sugiere que existe proceso de maduración normal sin importar el estado de desarrollo de los frutos de 207 y 219 DDP. En 'White' el contenido de almidón se redujo en un 34% desde el primero al décimo día en los cosechados a los 207 DDP, este cambio fue de 29% en los cosechados a los 219 DDP en el mismo lapso, en 'Campas' la reducción fue de 31% y de 43% a los 207 y 219 DDP respectivamente; en 'Concha lisa' el contenido de almidón se redujo en un 15% y en 30% a los 207 y 219 DDP respectivamente.

Las concentraciones de almidón a lo largo de todo el proceso de maduración evaluado, fueron relativamente más altas en los frutos cosechados a los 207 DDP que en los cosechados a los 219 DDP en los tres cultivares. Este resultado es congruente con lo encontrado en la tendencia en el contenido de almidón en la etapa de crecimiento, donde se reporta una disminución en el contenido de almidón durante los últimos días de la Fase III que se atribuye a un probable inicio del proceso de maduración de los frutos aun en el árbol (Caballero, 2007).

Se encuentra correlación positiva mayor a 0.7 del almidón con la glucosa, fructosa y sacarosa debido a que la degradación de almidón a lo largo del proceso de maduración se produce debido a procesos de hidrólisis que implica su conversión a sacarosa, glucosa y fructosa por acción de  $\alpha$ -amilasa,  $\beta$ -amilasa, y almidón-fosforilasa entre otras. Éstos azúcares comienzan a incrementarse mas

drásticamente a partir del día seis después de cosecha en los frutos cosechados a los 207 DDP, y a partir del día tres en los cosechados a los 219 DDP, lo que indica que la degradación en estos últimos empiezan en periodo más temprano debido probablemente a que por cosecharse en periodo más avanzado de crecimiento se desencadena más rápidamente la actividad hidrolítica que provoca la degradación de almidón, o esta comienza aun antes de que los frutos sean cosechados (Sola *et al.*, 1994; Gutiérrez *et al.*, 1994a; Caballero, 2007) (Figura 11).

Los análisis estadísticos no muestran diferencia significativa durante los primeros y últimos dos días, lo que indica que la cosecha puede realizarse indistintamente en los dos periodos sin afectarse significativamente su proceso de maduración. Las diferencias significativas mostradas del tercero al séptimo día, podrían explicarse debido a que la actividad de las enzimas hidrolíticas es dependiente, además de otros factores, del pH del medio en que actúan, mismo que varió de acuerdo al cultivar.

### **Azúcares: glucosa, fructosa y sacarosa**

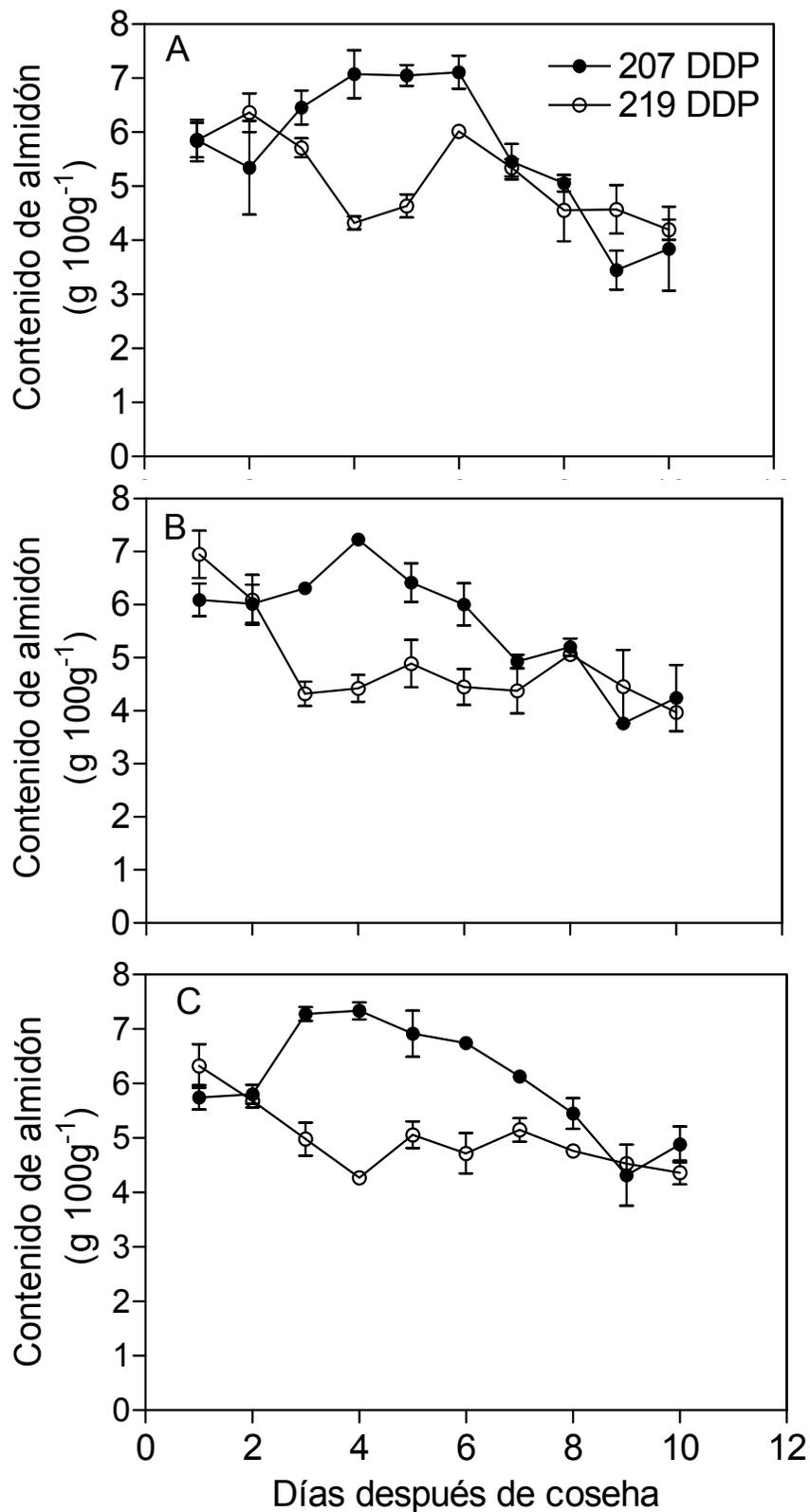
Tanto la sacarosa como la glucosa y fructosa siguieron patrones similares a lo largo del proceso de maduración en los tres cultivares y en los dos estados de desarrollo. En los tres cultivares de chirimoyas evaluadas, la glucosa, fructosa y sacarosa se incrementaron más rápidamente en los frutos cosechados a los 219 DDP, que los cosechados a los 207 DDP (Figura 12) aunque en estudios realizados con chirimoyas 'Fino de Jete' la glucosa y fructosa presentan incremento posterior a sacarosa lo que sugiere que éste azúcar que deriva del almidón es el que da lugar a glucosa y fructosa (Sola *et al.*, 1994), lo que de acuerdo con Sánchez *et al.* (1998), ocurre por acción de la invertasa en su forma soluble.

Los frutos cosechados a los 207 DDP de "White" y "Campas" el contenido de glucosa, fructosa y sacarosa se mantuvo sin cambios significativos hasta el séptimo día y se presentaron incrementos fuertes a partir del octavo día, en 'White' se

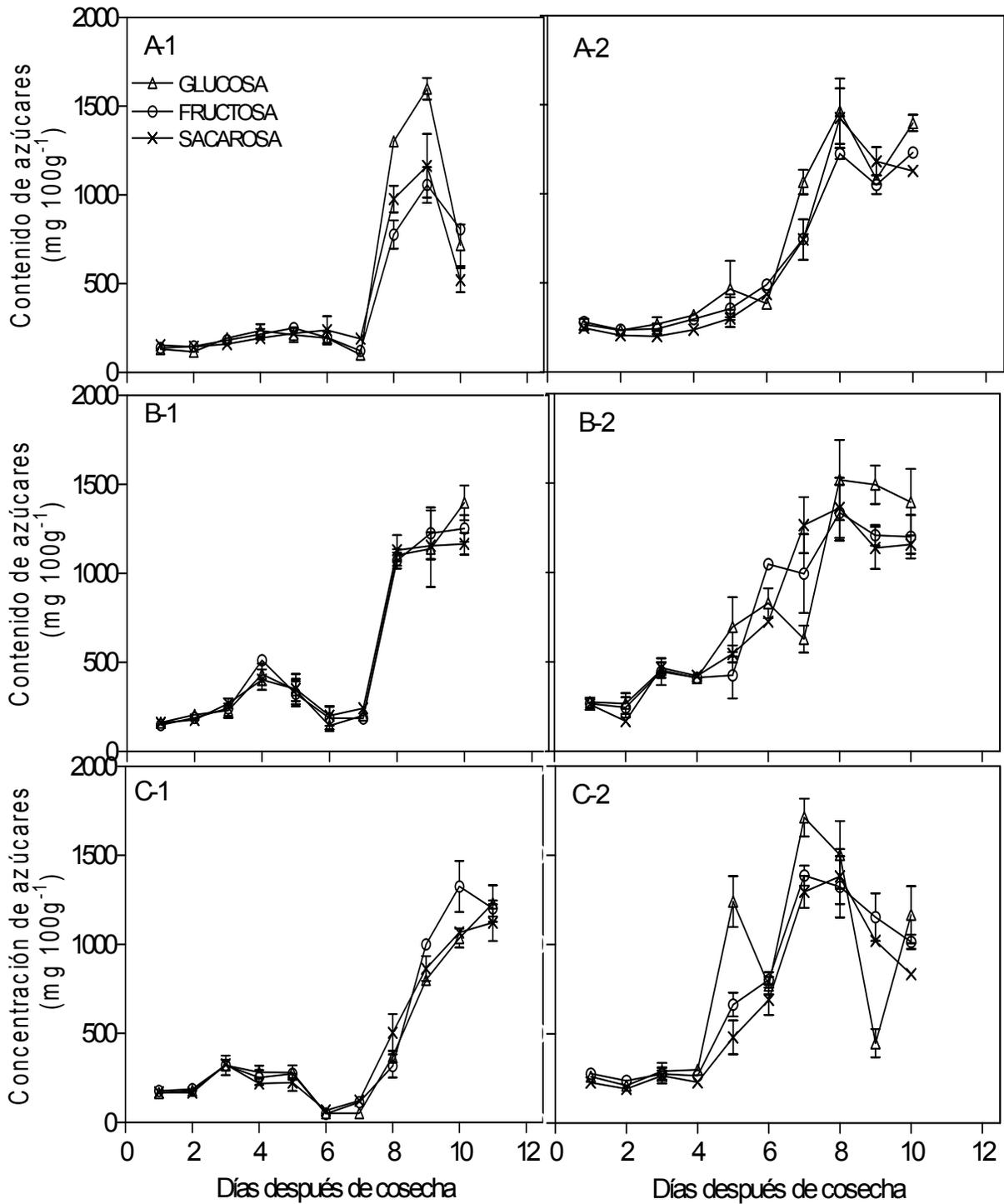
presentó descenso al décimo día. En 'Concha lisa' el incremento se presentó gradualmente desde el octavo hasta el décimo día después de cosecha. En los frutos cosechados a los 219 DDP, el incremento en los tres azúcares comenzó a partir del quinto día después de cosecha, y en 'White' y 'Campas' el máximo incremento se presentó al octavo día después de la cosecha, y posteriormente comenzó la caída en los tres azúcares.

En 'Concha lisa' si se presentó diferencia significativa en el patrón de contenido de glucosa, fructosa y sacarosa a lo largo del proceso de maduración entre los frutos cosechados a los 207 DDP y 219 DDP, presentándose en éste último la máxima concentración al séptimo día y posterior caída, esto permite suponer que existió diferencia en el estado de madurez al que se cosecharon provocando que en los últimos se presentara una mayor actividad fisiológica de los frutos como sucedió en el estudio realizado por Alique y Zamorano (2000) con chirimoyas 'Fino de Jete'.

El máximo incremento en el contenido de sacarosa, glucosa y sacarosa se produjo inmediatamente después del primer pico respiratorio en los tres cultivares a ambos estados de desarrollo, lo que hace suponer que el proceso de producción de éstos azúcares a partir de almidón, compuesto con el que se encontró correlación negativa mayor a 0.7, comenzó a activarse más rápidamente una vez que se agotó el sustrato disponible.



**Figura 11.** Concentración de almidón de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluados en dos estados de desarrollo.



**Figura 12.** Concentración de azúcares de los frutos de 'White' a 207 DDP (A-1) y 219 DDP (A-2), 'Campas' a 207 DDP (B-1) Y 219 DDP (B-2), y 'Concha lisa' a 207 DDP (C-1) y 219 DDP (C-2).

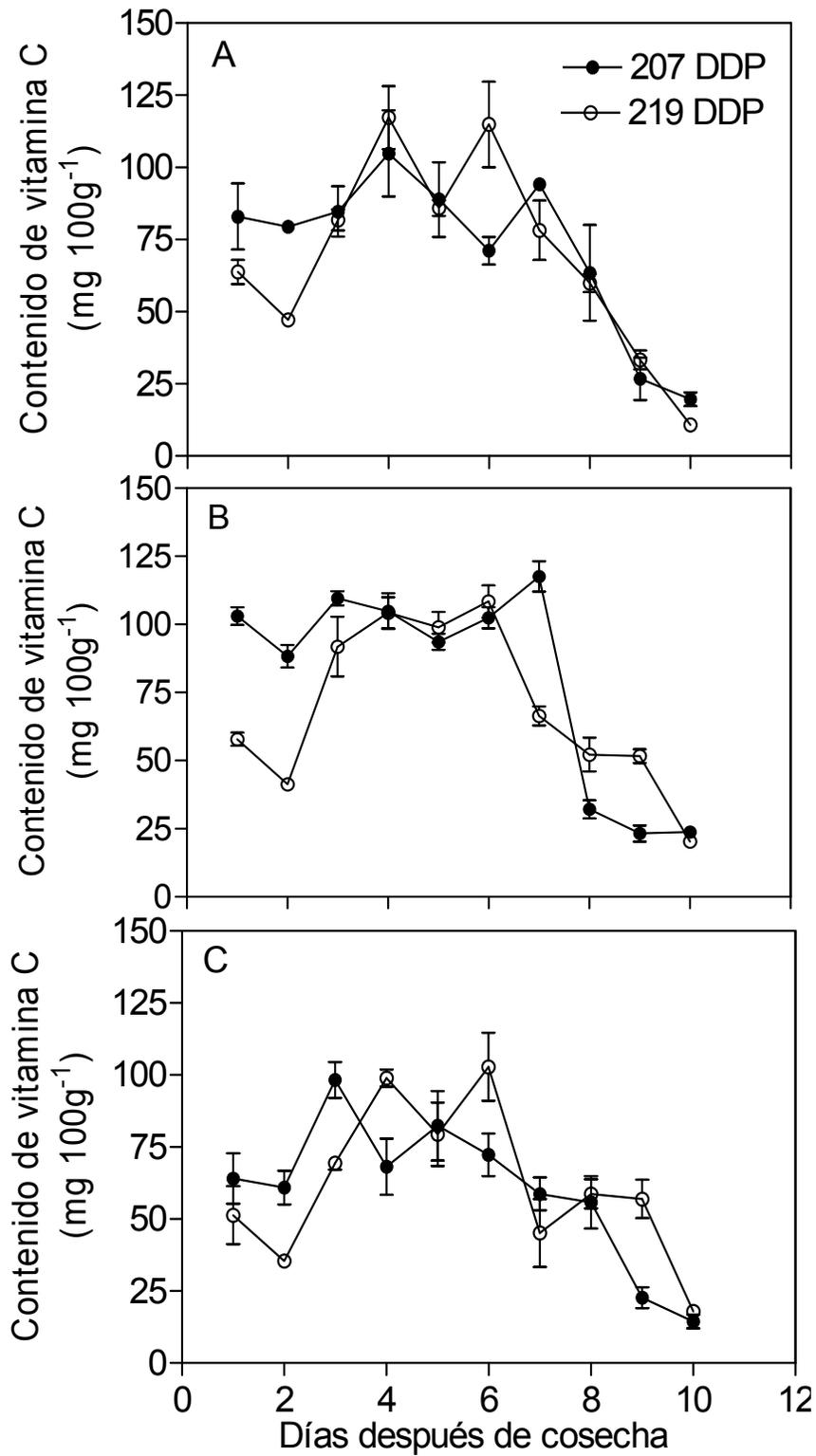
## Vitamina C

El contenido de vitamina C encontrado en los tres cultivares tiende a incrementarse durante la maduración presentándose los más altos niveles durante los días quinto y sexto que fueron donde se alcanzó la óptima calidad comestible de los frutos, y posteriormente descendieron probablemente debido a la degradación por la acción de enzimas oxidantes (Figura 13), aunque no se tienen reportes de la evolución en el contenido de vitamina C en chirimoyas; en saramuyo (*A. squamosa*) se reporta comportamiento similar aunque en menor concentración ya que se alcanzaron alrededor de  $60 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  al estado de madurez comestible (Vishnu-Prassana, 2000).

En los frutos de 'White' y 'Campas' se presentó el máximo incremento en el contenido de Vitamina C al sexto día, alcanzando niveles mayores a  $100 \text{ mg}100\text{g}^{-1}$  sin detectarse diferencia significativa entre ambos estados de desarrollo (Cuadro 23-Anexo 4), presentándose reducción drástica a partir del séptimo día lo que sugiere degradación del compuesto debido a la actividad de las enzimas mono dehidroascorbato reductasa y dehidro ascorbato reductasa (Smirnoff, 1996).

En los frutos de 'Concha Lisa', se presentó aumento gradual alcanzándose el máximo contenido de vitamina C también al sexto día, pero con contenidos significativamente mas bajos que en 'White' y 'Campas' lo cual pudo tener influencia sobre el mecanismo de oscurecimiento de la pulpa que fue más evidente en éste cultivar y que constituye uno de los principales problemas de calidad en chirimoya.

El hecho de que se presenten elevados contenidos de vitamina C en chirimoya es importante, ya que la elevada actividad fisiológica como transformación de color, síntesis de azúcares y degradación de pared celular, que implican la maduración, pueden ser causantes del estrés en el tejido y precisamente una de las funciones bioquímicas de este compuesto es su actividad antioxidante previniendo daños celulares (Barata-Soares *et al.*, 2004).



**Figura 13.** Concentración de Vitamina C de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluados en dos estados de desarrollo.

## **Color: Luminosidad, hue y croma**

Se presentó reducción gradual de la luminosidad, la intensidad de color (croma) y el ángulo de tono (hue) a lo largo del proceso de maduración de los tres cultivares, que se evidenció en la epidermis de los frutos con el cambio de color verde a café oscuro lo cual puede deberse a la acumulación de compuestos fenólicos y actividad de la enzima polifenoloxidasas que cataliza la oxidación de fenoles a orto-quinonas, que proceden a posterior polimerización generando melaninas que son las responsables de la coloración oscura de acuerdo con lo expuesto por Martínez-Cayuela *et al.*, (1988).

En 'White' este cambio ocurre del séptimo al octavo día, pasando de 38 a 33 y de 42 a 33 en el primero y segundo estado de desarrollo respectivamente, que coincide con la caída más fuerte en la firmeza de los frutos. Estos eventos indicaron que al séptimo día los frutos estuvieron en su punto óptimo de madurez comestible y posteriormente se empiezan a generar los mecanismos metabólicos propios de la senescencia de los frutos que determinan la pérdida de calidad comercial. En los frutos de los tres cultivares evaluados no se encuentran diferencias significativas en la luminosidad al momento de la cosecha en ninguno de los dos estados de desarrollo.

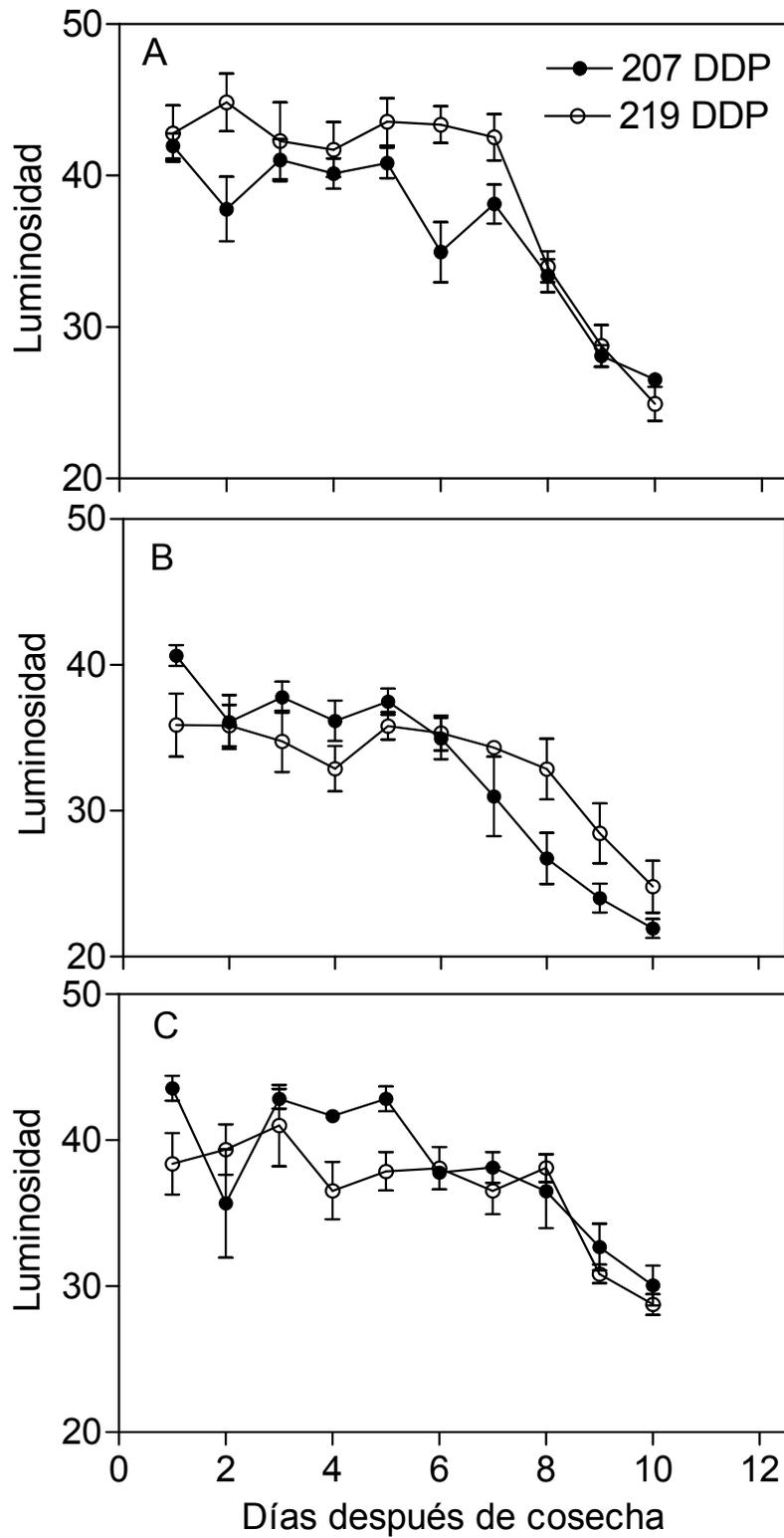
En 'Campas' los cambios en luminosidad, hue y croma comienzan a generarse a partir del sexto día después de cosecha y, al séptimo día el oscurecimiento es más evidente, que también coincide con la reducción más fuerte de la firmeza, elevación del contenido de glucosa, fructosa y sacarosa así como de la acidez, con las que se mostraron correlaciones positivas mayores a 0.7, lo que sugiere que esta es la etapa en la que los frutos se encuentran en su óptima calidad comestible y posteriormente comienza la senescencia sin presentarse diferencias significativas entre ambos estados de desarrollo.

En 'Concha lisa' del sexto al séptimo día se observó ligero cambio de color verde a amarillento en la epidermis de los frutos y oscurecimiento al noveno día que se

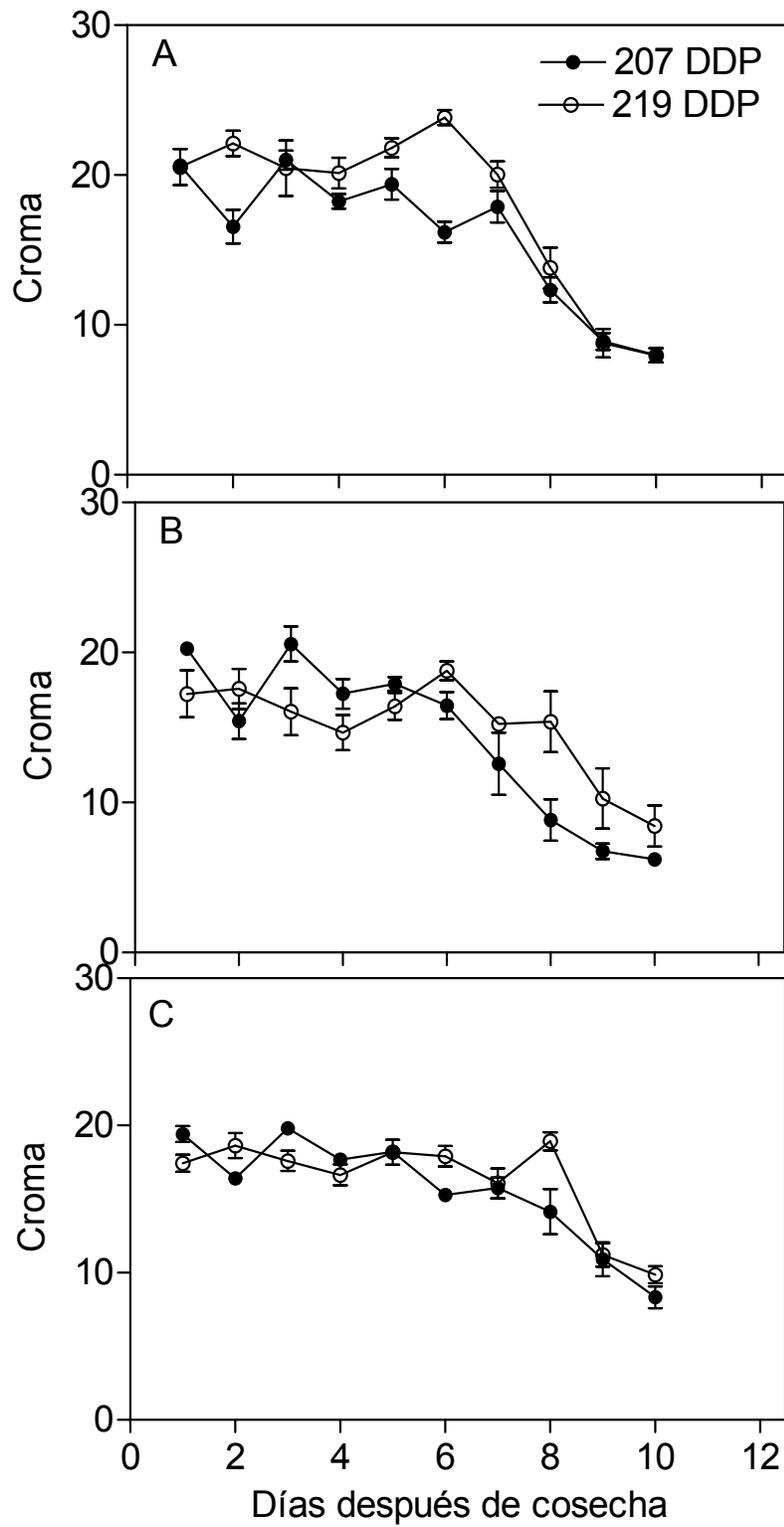
evidenció en la reducción de la luminosidad, croma y hue en ambos estados de desarrollo (Figuras 14, 15, 16, 17, Cuadros 24, 25, 26), no obstante que el ángulo de tono se observaron cambios más ligeros que en 'White' y 'Campas' a lo largo del proceso de maduración en los dos estados de desarrollo (Figura 17-C).

En 'Concha Lisa' la luminosidad presentó variaciones menos perceptibles durante los diez días evaluados a diferencia de 'White' y 'Campas' (Figura 14).

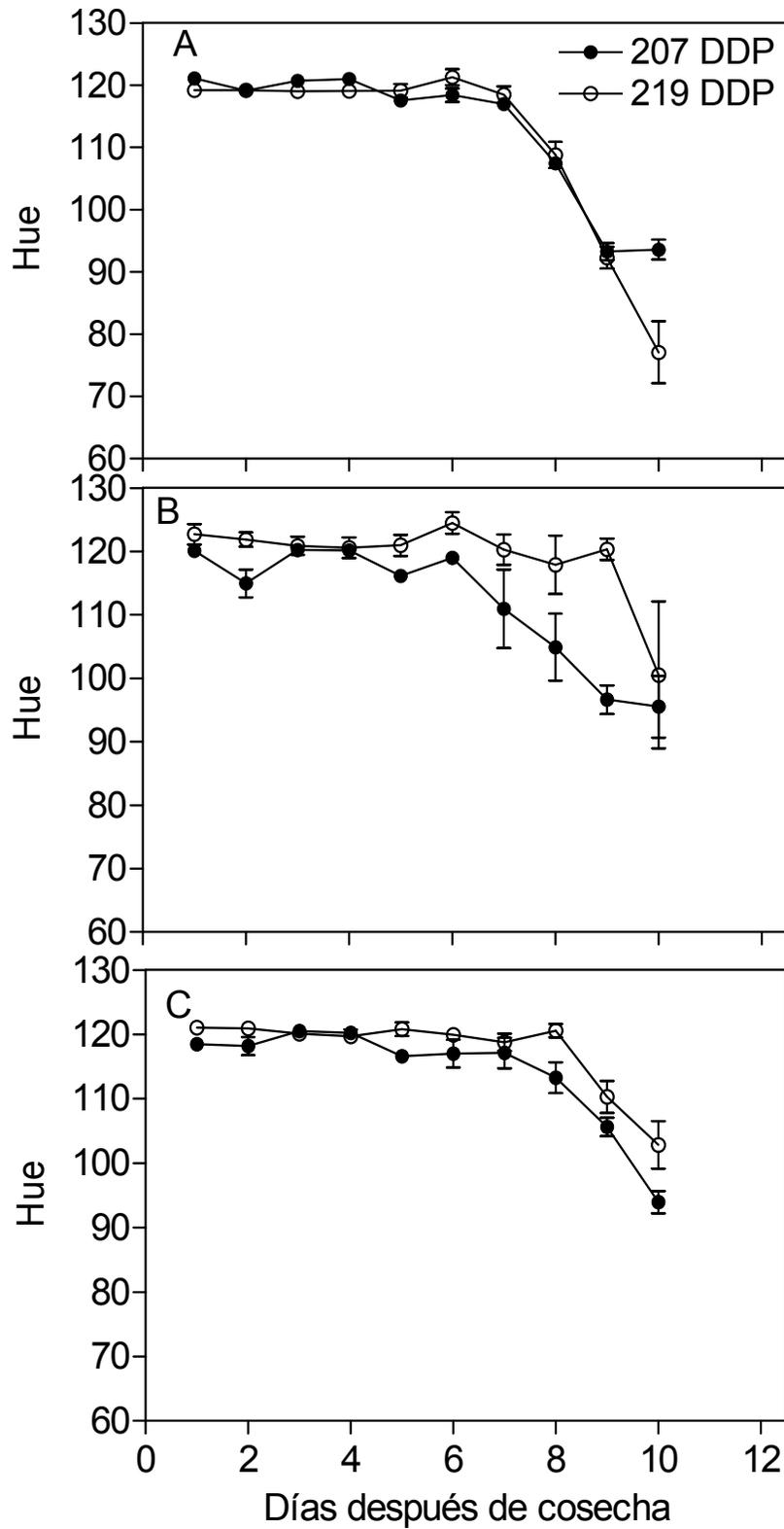
En los tres cultivares y en ambos estados de desarrollo evaluados existe alta correlación positiva en el comportamiento de las tendencias de luminosidad, croma y hue, por lo que al mismo tiempo que el oscurecimiento ó pérdida de color verde provoca reducción de la luminosidad de la epidermis de los frutos también provoca reducción en la intensidad de color y reducción del ángulo de tono (Anexo 5).



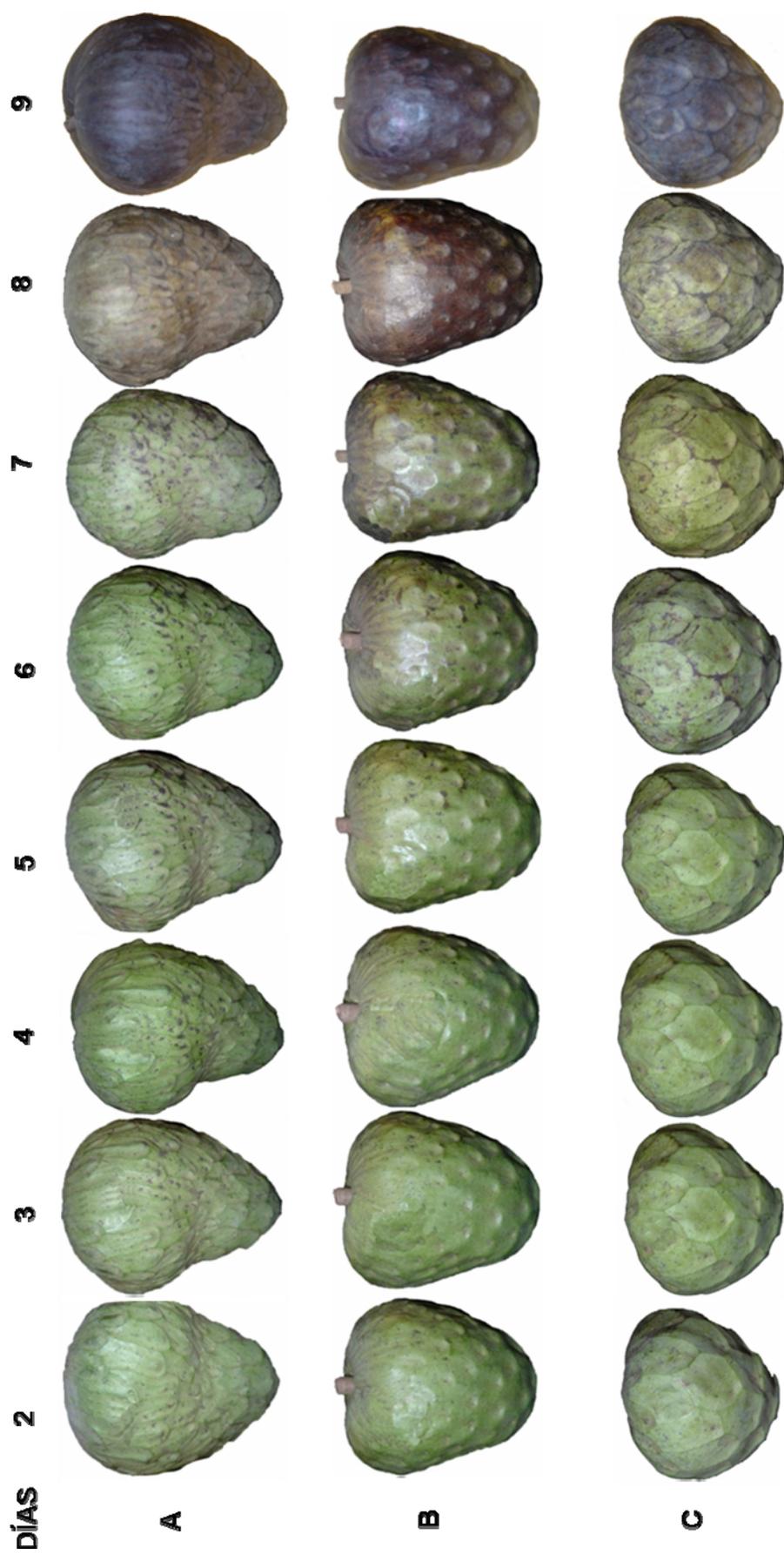
**Figura 14.** Cambios en Luminosidad de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluados en dos estados de desarrollo.



**Figura 15.** Cambios en Croma de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluados en dos estados de desarrollo.



**Figura 16.** Cambios en Hue de los frutos de 'White' (A), 'Campas' (B), y 'Concha lisa' (C) evaluados en dos estados de desarrollo.



**Figura 17.** Proceso de maduración de frutos de 'White' (A), 'Campas' (B) y 'Concha lisa' (C) desde el día 2 al día 9 después de la cosecha. Cosecha de Noviembre de 2007 a 207 Días Después de Polinización.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES GENERALES

La Selección Selene presentó mejor relación sólidos solubles totales /acidez titulable, pero los frutos fueron más percederos que los de 'White', 'Campas' y 'Concha lisa' al presentar pérdidas en la firmeza más altas, factor que la limita para su comercialización en fresco, por lo que se recomienda este material para la industria.

Los tres cultivares y la selección Selene presentaron el patrón respiratorio característico de anonáceas al presentar el doble pico respiratorio; siendo 'Campas' la de mayor intensidad respiratoria y 'Concha lisa' con la menor tasa respiratoria que repercute en el desarrollo de las características organolépticas durante la maduración, ya que mostró ser el cultivar más firme y con relación de sólidos solubles totales/acidez titulable aceptable, además de tener mayor vida de anaquel.

Los frutos de 'White' 'Campas' y 'Concha lisa' cosechados con 2,544 y 2,696 grados días de desarrollo acumulados y 207 y 219 días después de polinización respectivamente, alcanzaron similar calidad comestible, por lo que la cosecha de chirimoyas en Coatepec de Harinas y regiones con condiciones ambientales similares, puede realizarse en cualquier momento de este periodo sin afectar su proceso de maduración.

## **Recomendaciones**

La presencia de heladas en Coatepec de Harinas, Edo. de México, ocasionan daños en epidermis de frutos de chirimoya, por lo tanto se recomienda la polinización temprana en los tres cultivares, con la finalidad de acumular los grados días de desarrollo necesarios para alcanzar madurez fisiológica antes de que lleguen las bajas temperaturas.

La selección 'Selene' proporciona cualidades sensoriales que podrían ser comercialmente aceptables, no obstante presenta tamaño y formas muy heterogéneas, lo cual es una limitante para su explotación comercial por lo que se debe seguir haciendo investigación en su mejoramiento genético y buscar alternativas para la industria de jugos, debido a que sus atributos sensoriales la hacen muy atractiva para dicho mercado.

## LITERATURA CITADA

- Andrés-Agustín J, D A Nieto 1997. El cultivo de la chirimoya en México. *In*: Anonáceas: producto e mercado. Rebouças, A S J, I B S Vilas, O M Maghalaes, T H R Nair (Ed.). Universidade estadual do sudoeste da bahía. Departamento de Fitotecnia e Zootecnia. Bahia, Brasil. 308 p.
- Andrés-Agustín J (1999). Advances in research on genetic resources of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) in Michoacan State, Mexico. Eds.: V V Damme, P V, Damme, X Scheldeman. *Acta Horticulturae* 497: 189-200.
- Andrés-Agustín J (2004). Caracterización morfológica y postcosecha de las principales selecciones y cultivares de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill). Tesis de doctorado. Área de Horticultura. UACH. Chapingo, México. 103 p.
- Andrés-Agustín J y A A Regollar (1996). El cultivo de la chirimoya (*Annona cherimola* Mill) en el estado de Michoacán. Universidad Autónoma Chapingo. 1ª. Ed. 62 p.
- Alique R, J P Zamorano, M L Calvo. C Merodio, J L De la Plaza (1994). Tolerance of cherimoya (*Annona cherimola* Mill) to cold storage. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 119:524-528.
- Alique R. and J P Zamorano (2000). Influence of harvest date within the season and cold storage on cherimoya fruit ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48:4209-4216.
- AOAC (1990). Oficial Methods of Análisis of AOAC Internacional. Fruits and Fruit Products. pp: 829-830.
- Austin M E and S K Ries (1968). Use of heat units to predict dates for once-over tomato harvest. *Hortscience* 3:41.
- Barata-Soares A D, M L P A Gomez, C E De Mesquita, F M Lajolo (2004). Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 16:147-154.
- Berger H. and L Galleti (2005). Color as a harvest index for cherimoya. *Proc. 5<sup>th</sup>. Int. Postharvest Symp. Acta Horticulturae* 682:1471-1474.
- Biale J B and E D Barcus (1970). Respiratory patterns in tropical fruits of the Amazon Basin. *Tropical Science* 12: 93-104.
- Bleecker A B and H Kende (2000). Ethylene: a gaseous signal molecule in plants. *Annual Review Cell Dev Biology* 16:1-18.
- Brady C J (1987). Fruit ripening. *Annual Review of Plant Physiology* 38:155-178.

- Broughton W J and T Guat (1979). Storage conditions and ripening of the Custard apple *Annona squamosa* L. *Scientia Horticulturae* 10:73-82.
- Brown B I, L S Wong, A P George, R J Nissen (1988). Comparative studies on the postharvest physiology of fruit from different species of *Annona* (*Custard apple*). *Journal of Horticultural Science* 63:521-528.
- Bruinsma J and E R Paull (1984). Respiration during postharvest development of soursop fruit, *Annona muricata* L. *Plant Physiology* 76: 131-138.
- Caballero P J F (2007). Evaluación del crecimiento, desarrollo, y patrón de maduración de cinco genotipos de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) con potencial comercial. Tesis de maestría en ciencias. Área de Fruticultura. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 82 p.
- Castañeda A V (2005). Catalogo de selecciones y cultivares de chirimoya presentes en el banco de germoplasma en Coatepec de Harinas, México. SAGARPA. REMA. SNICS. FSSC. UACH.
- Chatrou L W (1999). The annonaceae and the annonaceae Project: a brief overview of the state of affairs. *Acta Horticulturae* 497: 43-49.
- Coseteng M Y and C Y Lee (1987). Changes in apple polyphenol-oxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *Journal of Food Science* 52:985-989.
- Crane J H and C W Campbell (1990). Origin and distribution of tropical and subtropical fruits. In: fruits of tropical and subtropical origin. Composition, properties and uses. S Nagy, P E Shaw, W F Wardowski (Eds). FSS, Florida. pp: 12-15.
- De Fina A L and A C Rabelo (1979). Climatología y fenología agrícola. EUDEBA. Buenos Aires. 355 p.
- Dilley D R (1962). Malic enzyme activity in apple fruit. *Nature* 196:387-388.
- Drincovich M F, P F Casati, C S Andreo (2001). NADP-malic enzyme from plants: a ubiquitous enzyme involved in different metabolic pathways. *FEBS letters*. 490: 1-6.
- Edwards G E, C S Andreo (1992). NADP-malic-enzyme from plants. *Phytochemistry*. 16:505-508.
- Fouque A (1972). Especies fruteras d' Amerique Tropicale. *Fruits* 27(5):368-382.

- Franco O M (2000). Polinización, desarrollo y calidad de fruto de guanábana. Tesis elaborada para obtener el grado de Maestría en ciencias en el Colegio de Posgraduados Campus Montecillo, Texcoco, México. 119 p.
- Gardiazabal-Irazabal F y G Rosenberg-Melnik (1993). El cultivo del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill) Criterios para una selección de cultivares. Fruticultura profesional 3:2-4.
- George A P and R J Nissen (1987). The custard apple. Queensland Agricultural Journal 113 (5); 287-297.
- Golding J B, J H Ekman, W B McGlasson (1998). Regulation of fruit ripening. Stewart Postharvest Review. 3:5.
- Gutiérrez M J, M M Sola, L Pascual, M Rodríguez-García, M A Vargas (1992). Ultrastructural changes in cherimoya fruit injured by chilling. Food Structure 11: 323-332.
- Gutiérrez M J, M M Sola, L Pascual, A M Vargas (1994a). Postharvest changes of sugar concentrations in chilled injured cherimoya (*Annona cherimola* Mill). Journal of Plant Physiology 143:27-32.
- Gutiérrez M J, M Lahoz, M M Sola, L Pascual, A M Vargas (1994b). Postharvest changes in total soluble solids and tissue pH of cherimoya fruit stored at chilling and non-chilling temperatures. Journal of Horticultural Science 69(3): 459-463.
- Hadfield K A and A B Bennett (1998). Polygalacturonases: Many genes in search of a function. Plant Physiology 117: 337-343.
- Hall J and G Mcpherson (1997). Predicting fruit maturation in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). Journal of Horticultural Science 72(6): 949-960.
- Hubbard N L, S C Huber, D M Pharr (1989). Sucrose phosphate synthase and acid invertase as determinants of sucrose concentration in developing muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruits. Plant Physiology 91: 1527-1534.
- Jackson D (1986). Temperature and subtropical fruit production. Butter Worths Horticultural Books. 293 p.
- Jenner C F (1982). Storage of starch. *In*: Encyclopedia of plant physiology. Plant Carbohydrates: Intracellular Carbohydrates. Loewus F A and W Tanner (eds.). Springer-Verlag, Berlín. New Series, Vol. 13A. 918 p.
- Johnson P R and J R Ecker (1998). The ethylene gas signal transduction pathway: A molecular perspective. Annual Review Genetic 32:227-254.

- Kader A A (1985). Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. *Hortscience* 20: 54-57.
- Kader A A (2002). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Univ. California. 2<sup>nd</sup>. Edition. 296 p.
- Kende H (1993). Ethylene biosynthesis. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 44:283-307.
- Kevin L, C Wang, Hai Li, J R Ecker (2002). Ethylene biosynthesis and signaling networks. *The plant Cell, Supplement*: S131-S151.
- Knee M, R E Paull, R Ben-Arie, J S Hawker (1991). Enzymes in fruits. In: *Food enzymology*. Fox P F (Ed.) Elsevier Applied science. London. pp. 545-598.
- Kosiyachinda S, R E Young (1975). Ethylene production in relation to the initiation of respiratory climacteric in fruit. *Plant and Cell Physiology*. 16:595-602.
- Lahoz J M, M J Gutiérrez, M Martínez-Cayuela, L Pascual, A M Vargas (1990). Efecto de la refrigeración sobre la maduración del fruto de chirimoyo. *Ars. Pharmaceutica* 31:321-329.
- Lahoz J M, M J Gutiérrez, M M Sola, R Salto, L Pascual, C Martínez., M A Vargas (1993). Ethylene in cherimoya fruit (*Annona cherimola* Mill) under different storage conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41: 721-723.
- Leon-Fuentes J F (1999). Production of cherimoya (*Annona cherimola* Mill) in Ecuador. *Acta Horticulturae*. 497:59-64.
- Lizana A, R Manza, T Fichet (2004). Postharvest behavior of cherimoya fruit (*Annona cherimola* Mill) cv Concha lisa, grown in two localities and harvested at two maturity stages. *Proceedings Interamerican Society Tropical Horticulture* 48:31-33.
- McGlasson W B (1970). The ethylene factor. In: *The Biochemistry of fruits*. Hulme A C (Ed.). First edition. Academia Press London and New York. Volume 1. pp. 475-520
- Mapson L W (1970). Vitamins in Fruits. In: *The Biochemistry of fruits*. Hulme A C (Ed.) First edition. Academia Press London and New York. USA. Volume 1. pp. 369-384.
- Marín-Rodríguez C, J Orchard, G B Seymour (2002). Pectate lyases, cell wall degradation and fruit softening. *Journal Experimental Botany* 53(377):2115-2119.

- Matoo A K, T Murata, E B Pantástico, K Ogata, K Chachin (1984). Cambios químicos durante la maduración y senescencia. *In: Fisiología de la posrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales*. Pantástico E R (Ed.). University of philippines. CECSA. pp: 129-156.
- Martínez-Cayuela M, L M Sánchez, M J Faus, A Gil (1988). Cherimoya (*Annona cherimola* Mill) Polyphenoloxidase: Monophenolase y dihydrixyphenolase activities. *Journal of Food Science* 53 (4): 1191-1194.
- Martínez G, M Serrano, M T Pretil, F Riquelme y F Romojaro (1993). Ethylene biosynthesis and physico-chemical changes during fruit ripening of cherimoya (*Annona cherimola* Mill). *Journal of Horticultural Science* 68(4): 477-483.
- Melo M R, J V Castro, C R L Carvalho, y C V Pommer (2002). Conservação refrigerada de cherimoia embalada em filme plástico com zeolite. *Bragantia* 61(1): 71-76.
- Mehta P K, T I Hale, P Christen (1993). Aminotransferases: demonstration of homology and division into evolutionary subgroups. *Europe Journal Biochemistry* 214:549-561.
- Merodio C and J L De La Plaza (1997). Cherimoya. *In: Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical fruits*. Mitra S. (Ed). CAB international. Nadia, West Bengal, India. pp. 269-289.
- Moreno J and J L De la Plaza (1983). The respiratory intensity of cherimoya during refrigerated storage: a special case of climacteric fruit? *Acta Horticulturae* 138:179-186.
- Morton J F (1987). Annonaceae. *In: Fruits of warm climates*. USA. Curtis F Dowlin (Ed.).pp: 65-90.
- Muñoz T, M T Sánchez-Ballesta, J Ruiz Cabello, M I Escribano, C Merodio (2004). The acid metabolism of *Annona* fruit during ripening. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 79: 472-478.
- Neild R E and D T Smith (1983). Maturity dates and freeze risks based on growing degree days. Cooperative extension, Institute of Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska-Lincoln. Nebraska. Bull. G86-796-A. 6 p.
- Nomura K, H Terai, K Yabe, M Maeda, M S M Rahman, M Yoshida, J Y Yonemoto (1997). Comparison of changes in sugars and ethylene production of cherimoya fruit grown at different seasons. *Journal of Horticultural Science* 72: 617-622.

- Normas de calidad para chirimoyas (2002). Disponible en Internet en la página: <http://www.andaluciajunta.es/> publicada en noviembre de 2002 y consultada en septiembre de 2005.
- Okita T W (1992). Is there an alternative pathway for starch síntesis? *Plant Physiology* 100: 560-564.
- Ortega M L y C Rodríguez (1979). Estudio de carbohidratos en variedades mexicanas de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L. *Phaseolus coccineus*). *Agrociencia* 37: 33-49.
- Palma T, J M Aguilera, D Stanley (1993). A review of postharvest events in cherimoya. *Postharvest Biology and Technology*. 2: 187-208.
- Pantástico E R (1984a). Estructura de frutas y hortalizas. *In: Fisiología de la posrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales*. Pantástico E R (Ed.). University of Philippines. CECSA. pp.: 17-40.
- Pantástico E R (1984b). Factores previos a la cosecha que afectan la calidad y la fisiología en la posrecolección. *In: fisiología de la posrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales*. Pantástico E R (Ed.). University of Philippines. CECSA. pp: 41-58.
- Paull R E (1982). Postharvest variation in composition of soursop (*Annona muricata* L.) fruit in relation to respiration and ethylene production. *Journal of the American society for horticultural science* 107: 582-585.
- Paull R E, N J Chen. 1983. Postharvest variation in cell wall degradation enzymes of papaya. *Plant Physiology* 72: 382-385.
- Paull R E, J Deputy, C N Jung (1983). Changes in organic acids, sugars and headspace volatiles during fruit ripening of soursop (*Annona muricata* L.). *Journal of the American Society for Horticultural Science* 108: 931-934.
- Paull R E and Jung N C (1983). Postharvest variation in cell wall-degrading enzymes of papaya (*Carica papaya* L.) during fruit ripening. *Plant Physiology* 72: 382-385.
- Rhodes (1970). The climacteric and ripening of fruits. *In: The Biochemistry of fruits*. Hulme A C (Ed.). First edition. Academia Press London and New York. USA. Volume 1. pp. 521-536.
- Russelle M P, W W Wilhelm, R A Olson, J F Power (1984). Growth analysis based on degree days. *Crop Science* 24:28-32.

- Saavedra E (1979). Set and growth of *Annona Cherimola* Mill fruit obtained by hand pollination and chemical treatments. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 104: 668-673.
- SAGARPA (2005). Centro de Estadística Agropecuaria (C.E.A.). Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). Versión 1.1.
- Salisbury F B, C W Ross (1994). Respiración. *In: Fisiología vegetal*. Grupo Editorial Iberoamerica. México, D.F. pp: 293-317.
- Sánchez J A, J P Zamorano, R Alique (1998). Polygalacturonase, cellulase and invertase activities during cherimoya fruit ripening. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 73:87-92.
- Seymour G B and K C Gross (1996). Cell wall disassembly and fruit softening. *Postharvest. News and Information* 7: 45-52.
- Sholes J D, P J Lee, P Horton, and D H Lewis (1994). Invertase: understanding changes in the photosynthetic and carbohydrate metabolism of barley leaves infected with powdery mildew. *New Phytologist* 126: 213-222.
- Smirnoff N (1996). The function and metabolism of ascorbic acid in plants. *Annals of Botany* 78:661-669.
- Smith F A and J A Raven (1979). Intracellular pH and its regulation. *Annual Review of Plant Physiology* 30:289-311.
- Smith A M, K Denyer, C Martin (1997). The synthesis of the starch Granule. *Annual Review of Plant Physiology Plant Molecular Biology*. 48:67–87.
- Sola M M, M Gutiérrez, A M Vargas (1994). Regulation of hexose-phosphate cycle determines glucose and fructose accumulation in cherimoya (*Annona cherimola* Mill) during ripening. *Journal of Plant Physiology*. 144:569-575.
- Tietz J M (1988). Relación entre pilosidad del fruto de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) y evolución de la madurez. Tesis Ing. Agr. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso.
- Trewavas A (1981). How do plant growth substances work? *Plant Cell and Environment*. 4:203-228.
- Undurraga P L (1989). El cultivo de la chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en Chile. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Valparaíso. Chile. pp. 73-87.
- Undurraga-Martínez P J, H A Olaeta-Coscorroza, Mac-Lean-Bernales (1998). Identificación y caracterización de desórdenes fisiológicos en chirimoyas

(*Annona cherimola* Mill.) cv 'Concha Lisa' en refrigeración. Revista Chapingo. Serie Horticultura 4 (1): 5-12.

Van-Damme P and X Scheldeman (1999). Desarrollo comercial de la chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en América Latina. Acta Horticulturae 497:29-41.

Vishnu-Prasanna K N, D V Sudhakar-Rao, S Krishnamurthy (2000). Effect of storage temperature on ripening and quality of custard apple (*Annona squamosa* L.) fruits. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 75(5): 546-550.

Warnock S J and R L Isaacs (1969). A linear heat unit system for tomatoes in California. Journal of the American Society for Horticultural Science 94(6): 677-678.

Wills R B H, A Poi, H Greenfield, C J Rigney (1984). Postharvest changes in fruit composition of *Annona atemoya* during ripening and effects of storage temperature on ripening. Hortscience 19 (1): 96-97.

Wills R B H, W B Mc Glasson, D Graham, T H Lee, E G Hall (1998). Postharvest An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. Ed. Van Nostrand Reinhold. Nueva York, USA. 156 p.

Yonemoto Y and S Nakao (1993). Fruits growth curves of chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) from different blooming time in a plastic house and fruit qualities. Japanese Journal of Tropical Agriculture. 37:7-8.

## ANEXO 1. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE AZÚCARES

**Preparación de reactivos.** Se Pesaron 15 mg de cada uno de los siguientes azúcares: glucosa, fructosa y sacarosa y disolver en 6 mL de agua para obtener concentración de  $2.5 \text{ mg mL}^{-1}$ . Esta solución se utilizó como estándar en la mezcla de azúcares.

**Cuadro 7.** Especificaciones para la preparación de la solución stock (para 1 muestra).

Reactivo	Cantidad ( $\mu\text{L}$ )
HEPES 100 mM (Ph 7.5)	200
NAD 40 mM	10
ATP 100 Mm (Ph 7.0)	10
G6P (0.05 U/1 $\mu\text{l}$ ) en HEPES	10

### Amortiguadores

HEPES 100 milimolar. Se pesaron 4.7662 g HEPES en 150 mL de agua destilada. Se colocó en agitador y adicionó 1 mL de  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  1M, se reguló el Ph A 7.5 con KOH 1M.

### Cofactores y estándar

ATP 100 milimolar. Se colocó 0.1653 g de ATP en 3 mL de HEPES 100 milimolar.

NAD 40 milimolar. Se diluyó 0.0796 g en 3 mL de HEPES 100 milimolar.

### Enzimas

Hexokinasa (0.5 U/ensayo). Se Diluyeron 50  $\mu\text{L}$  de la enzima en 1450 microlitros de HEPES.

Glucosa 6 fostato dehidrogenasa (0.5 U/ensayo). Se diluyeron 150  $\mu\text{L}$  de la enzima en 2850  $\mu\text{L}$  de HEPES. .

Fosfoglucoisomerasa (PGI, 0.6 U/ensayo). Se diluyeron 300  $\mu\text{L}$  de enzima en 2700  $\mu\text{L}$  de HEPES.

Invertasa (8 U/ ensayo). Se diluyeron 10 mg en 4500  $\mu\text{L}$  de HEPES.

**Extracción de la muestra.** Se Pesaron 100 mg de tejido de mesocarpio previamente homogenizado y se agregó 3 mL de alcohol etílico al 80%, se colocó la muestra en

baño maria a 70°C durante 10 minutos y se decantó para obtención del extracto azucarado, se repitió la operación por tres veces. Se colocó el extracto en estufa a 50°C hasta la total evaporación del alcohol. El tejido restante se colocó en refrigeración para posterior determinación de almidón. Posterior a la evaporación se enjuagó el recipiente con 0.5 mL agua de destilada para la recuperación del residuo el cual se colocó en tubos eppendorf, de esta solución se prepararon diluciones de acuerdo a la concentración de azúcares de la muestra para la toma de lectura para la que se tomaron 230µL del stock los cuales fueron colocados en los pozos de la microplaca, posteriormente se adicionaron 10 µL de estándar ó muestra según fue el caso. Para la determinación de glucosa se adicionó hexoquinasa (0.05 U por 1 µL de amortiguador HEPES 100 milimolar). Se dejó actuar por 20 minutos y se llevó al lector de microplacas a 340 nm. Para determinación de fructosa se adicionó fosfoglucoisomerasa (0.06 U por 1µL de amortiguador HEPES. Se dejó actuar por 20 minutos y se leyó a 340 nm. Para la determinación de sacarosa se adicionó invertasa (0.8 U por 1 µL de amortiguador HEPES). Se dejó actuar por 20 minutos y se leyó a 340 nm.

**Cuadro 8.** Especificaciones para la preparación de las soluciones de la curva estándar.

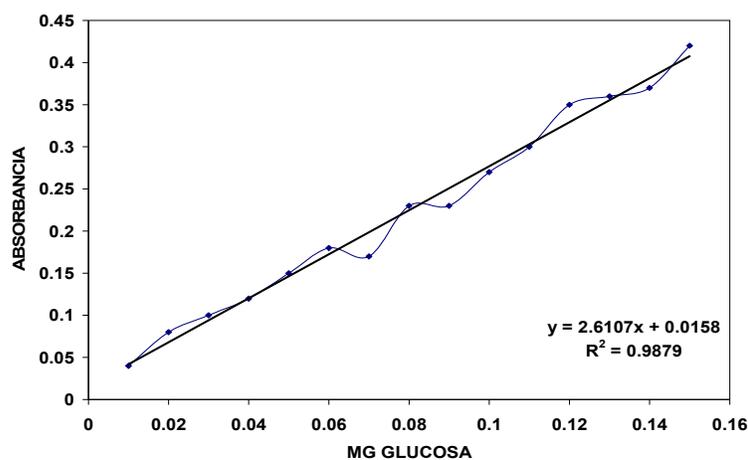
Tubo	Estándar azúcar	Agua µL	Concentración (µg)
1	0	1000	0
2	10	990	25
3	20	980	50
4	30	970	75
5	40	960	100
6	50	950	125
7	60	940	150
8	70	930	175
9	80	920	200
10	90	910	225
11	100	900	250

## ANEXO 2. CURVA ESTÁNDAR PARA CÁLCULO DE ALMIDÓN

Se pesaron 10 mg de glucosa y se disolvieron en 100 mL de agua para la preparación de la solución madre. A partir de la solución madre se tomaron alícuotas a partir de 100  $\mu$ L hasta 1500  $\mu$ L (Cuadro 9) las cuales se sometieron a cuantificación de absorbancia mediante el método de antrona para determinación de azúcares totales.

**Cuadro 9.** Especificaciones para la elaboración de la curva estándar de almidón.

GLUCOSA (mg)	Absorbancia
0.01	0.04
0.02	0.08
0.03	0.1
0.04	0.12
0.05	0.15
0.06	0.18
0.07	0.17
0.08	0.23
0.09	0.23
0.1	0.27
0.11	0.3
0.12	0.35
0.13	0.36
0.14	0.37
0.15	0.42



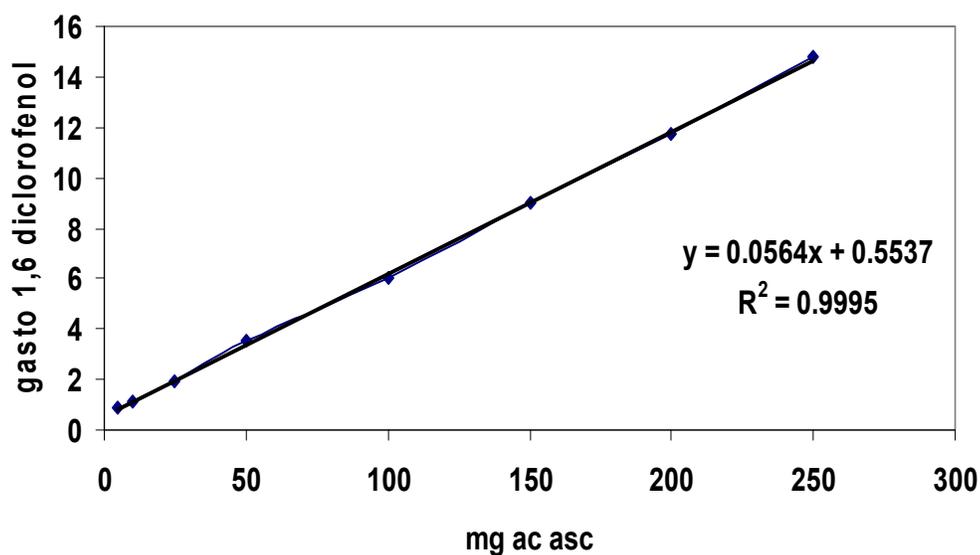
**Figura 18.** Gráfico para obtención de la ecuación para cálculo de almidón a partir de las lecturas de absorbancia

### ANEXO 3. CURVA ESTÁNDAR PARA CÁLCULO DE VITAMINA C

Se pesó 5 mg de ácido ascórbico y se disolvieron en 50 mL de ácido oxálico para la preparación de la solución madre a partir de la cual se realizaron las diluciones para su posterior titulación mediante el método propuesto por la AOAC (1990).

**Cuadro 10.** Especificaciones para la elaboración de la curva estándar de vitamina C.

ÁCIDO ASCÓRBICO (mg)	gasto de 2,6diclorofenol en la titulación (mL)
5	0.9
10	1.15
25	1.9
50	3.5
100	6
150	9
200	11.7
250	14.8



**Figura 19.** Gráfico para obtención de la ecuación para cálculo de vitamina C a partir de las lecturas de gasto en la titulación.

## ANEXO 4. RESULTADOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE COMPARACIÓN DE MEDIAS

**Cuadro 11.** Comparación de medias del patrón respiratorio ( $\text{mLCO}_2 \text{ Kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) de tres cultivares y la selección Selene de frutos de chirimoya. Experimento 1.

Días después de cosecha	Cultivar			
	White	Campas	Concha lisa	Selene
1	83.75bc	143.01a	44.99c	115.19ab
2	115.61b	192.32a	61.8c	127.94b
3	116.06b	154.95a	84.49b	107.64b
4	138.11ab	175.46a	97.67b	134.88ab
5	153.62ab	195.4a	119.67b	123.17b
6	127.24a	132.63a	119.02a	55.64b
7	158.84a	181.87a	153.53a	72.42b

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)

**Cuadro 12.** Comparación de medias del patrón respiratorio ( $\text{mLCO}_2 \text{ Kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) de tres cultivares de frutos de chirimoya cosechados a dos estados de desarrollo. Experimento 2.

Días después de cosecha	Estado de desarrollo(DDP)						
	207			219			
	Cultivar	White	Campas	Concha lisa	White	Campas	Concha lisa
1		30.90a	39.11a	30.72a	26.20a	35.85a	29.21a
2		20.32b	30.50b	19.83b	25.51b	42.29a	24.88b
3		23.46bc	36.93b	16.85c	19.59bc	69.20a	30.52bc
4		41.82bc	85.32a	35.66c	33.14c	74.90ab	34.26c
5		52.17a	106.52a	66.18a	65.53a	115.19a	70.52a
6		146.62ab	161.18a	83.65c	95.72bc	133.9abc	85.03c
7		121.22abc	136.10ab	141.48a	85.11c	104.20bc	90.73c
8		122.65a	116.25ab	121.84a	94.80b	100.07ab	96.03b
9		118.26b	119.81b	161.33a	143.3ab	146.37ab	155.17a
10		144.05c	132.32c	225.03a	120.13c	129.44c	183.51b

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4).

**Cuadro 13.** Comparación de medias de la firmeza (Newton) de los frutos de tres cultivares y la selección Selene de frutos de chirimoya. Experimento 1.

Días después de cosecha	Cultivar			
	White	Campas	Concha lisa	Selene
1	66.63ab	55.37b	80.16a	55.69b
3	56.37ab	34.27ab	90.00a	17.12b
6	2.72ab	2.08b	8.59a	1.44b

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)

**Cuadro 14.** Comparación de medias de la firmeza (Newton) de tres cultivares de chirimoya cosechadas a dos estados de desarrollo. Experimento 2.

Días después de cosecha	Días después de polinización					
	207			219		
	White	Campas	Concha Lisa	White	Campas	Concha Lisa
1	37.15a	39.98a	48.62a	47.18a	41.50a	38.94a
2	29.77ab	26.77ab	36.02ab	19.32b	40.24a	36.96a
3	44.59ab	39.19abc	46.87a	30.98c	29.62c	32.79bc
4	28.57a	28.60a	35.27a	30.69a	31.43a	31.53a
5	38.18a	28.63a	40.83a	32.18a	26.24a	41.27a
6	20.79a	14.18a	32.94a	25.14a	19.87a	42.43a
7	10.46b	2.43b	33.80a	7.62b	1.24b	5.54b
8	1.64b	0.70b	34.05a	1.06b	0.75b	1.33b
9	0.09cd	0.43d	23.91a	1.20bc	0.54d	1.84b
10	0.65b	0.61b	1.51ab	0.82b	0.63b	2.43a

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)

## Experimento 2.

**Cuadro 15.** Comparación de medias del pH de los frutos de tres cultivares de frutos de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.

Días después de cosecha	Días después de polinización					
	207			219		
	White	Campas	Concha Lisa	White	Campas	Concha Lisa
1	5.67a	6.47a	6.13a	6.37a	6.23a	6.03a
2	6.20a	6.20a	6.23a	6.03a	6.07a	5.87a
3	6.07a	6.17a	5.97a	6.17a	5.98a	6.00a
4	5.90ab	5.73ab	6.12a	5.70ab	5.53ab	5.63ab
5	5.63a	5.53a	5.73a	5.73a	5.50a	5.63a
6	5.30a	4.97a	5.30a	5.15a	5.15a	5.10a
7	4.87b	4.68b	5.43a	5.00ab	5.03ab	4.73b
8	5.37a	5.13a	5.10a	4.87a	4.80a	4.67a
9	4.77ab	5.05a	4.60b	4.83ab	4.87ab	4.63b
10	5.17a	5.30a	4.77a	4.93a	4.97a	4.93a

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)

**Cuadro 16.** Comparación de medias de la relación SST/Acidez titulable de los frutos de tres cultivares de frutos de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.

Días después de cosecha	Días después de polinización					
	207			219		
	White	Campas	Concha Lisa	White	Campas	Concha Lisa
1	52.17a	52.65a	50.44a	39.49a	36.31a	29.16a
2	32.43a	37.49a	30.96a	23.68a	33.69a	21.61a
3	36.45abc	51.76a	42.98ab	22.65c	34.68abc	29.61bc
4	20.97a	30.00a	16.24a	39.11a	44.97a	36.57a
5	34.41ab	41.246a	26.14ab	13.94b	26.59ab	18.92ab
6	32.37a	47.91a	43.12a	28.32a	29.56a	18.77a
7	42.91a	60.08a	39.90a	29.28a	55.54a	31.04a
8	28.43b	41.03ab	33.49ab	35.69ab	49.48a	28.93b
9	29.52b	52.98b	38.00b	28.77b	83.98a	48.29b
10	30.794b	64.26a	31.52b	31.06b	69.03a	27.51b

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)

**Cuadro 17.** Comparación de medias de los SST (°Bx) de los frutos de tres cultivares de frutos de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.

Días después de cosecha	Días después de polinización					
	207			219		
	White	Campas	Concha Lisa	White	Campas	Concha Lisa
1	10.67a	10.83a	10.40a	9.37ab	9.57a	7.67b
2	9.97a	10.83a	9.17a	8.73a	12.33a	8.53a
3	9.67a	10.73a	10.37a	9.67a	13.00a	10.87a
4	11.80ab	14.17a	8.17b	13.87ab	14.57a	11.33ab
5	12.30b	18.20a	9.70b	10.43b	18.40a	12.07b
6	15.70a	20.87a	10.73a	15.90a	18.67a	15.50a
7	20.70a	22.80a	12.83b	21.50a	23.53a	22.20a
8	23.40ab	24.20a	16.00b	23.03ab	23.40ab	21.33ab
9	25.10ab	26.60a	19.00d	22.30c	25.93a	22.93c
10	26.07a	25.83a	23.63ab	22.83ab	25.07a	19.33b

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)

**Cuadro 18.** Comparación de medias de la Acidez titulable (% de ácido málico) de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.

Días después de cosecha	Días después de polinización					
	207			219		
	White	Campas	Concha Lisa	White	Campas	Concha Lisa
1	0.21a	0.21a	0.21a	0.27a	0.27a	0.27a
2	0.32a	0.29a	0.29a	0.38a	0.40a	0.40a
3	0.27bc	0.21c	0.24bc	0.43a	0.38ab	0.38ab
4	0.56a	0.48ab	0.51ab	0.38ab	0.35b	0.32b
5	0.40ab	0.46ab	0.38b	0.80a	0.64ab	0.64ab
6	0.48ab	0.46ab	0.27b	0.59ab	0.61ab	0.83a
7	0.48ab	0.46ab	0.32b	0.78a	0.43ab	0.72a
8	0.83a	0.59ab	0.48b	0.67ab	0.48b	0.75ab
9	0.86a	0.50b	0.50b	0.83a	0.32b	0.48b
10	0.94a	0.40a	0.75a	0.80a	0.38a	0.72a

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)

**Cuadro 19.** Comparación de medias del contenido de almidón ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) de frutos de tres cultivares de frutos de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.

Días después de cosecha	Días después de polinización					
	207			219		
	White	Campas	Concha Lisa	White	Campas	Concha Lisa
1	5.85a	6.09a	5.75a	5.85a	6.95a	6.32a
2	5.34a	6.02a	5.80a	6.36a	6.09a	5.68a
3	6.46ab	6.31ab	7.28a	5.71bc	4.32d	4.98dc
4	7.07a	7.23a	7.33a	4.32b	4.42b	4.27b
5	7.05a	6.42ab	6.91a	4.64c	4.89bc	5.06bc
6	7.11a	6.01ab	5.76ab	6.01ab	4.45b	4.72b
7	5.46ab	4.92b	6.13a	5.35ab	4.38b	5.15ab
8	5.06a	5.20a	5.45a	4.56a	5.07a	4.76a
9	3.45a	3.77a	4.31a	4.57a	4.46a	4.54a
10	3.85a	4.24a	4.88a	4.19a	3.97a	4.37a

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)

**Cuadro 20.** Comparación de medias del contenido de glucosa ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados a dos estados de desarrollo.

Días después de cosecha	Días después de polinización					
	207			219		
	White	Campas	Concha Lisa	White	Campas	Concha Lisa
1	132.34b	162.50ab	166.03ab	267.25a	275.65a	261.07a
2	117.87b	206.23ab	178.74ab	234.46ab	268.13a	211.07ab
3	194.08b	230.68b	320.97ab	269.27ab	454.26a	290.11ab
4	235.21b	433.51a	283.11ab	319.19ab	410.46a	299.84ab
5	213.12b	344.59b	280.64b	465.84b	696.09ab	1241.13a
6	194.77cb	144.42c	53.19c	384.73b	828.55a	770.33a
7	100.58d	201.73d	51.72d	1066.71b	628.41c	1711.93a
8	1302.35a	1102.42a	370.02b	1464.91a	1518.47a	1503.28a
9	1598.72a	1139.45abc	800.00dc	1084.01bc	1491.88ab	448.31d
10	717.37b	1397.01a	1035.66ab	1397.76a	1394.48a	1167.22ab

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)

**Cuadro 21.** Comparación de medias del contenido de fructosa ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.

Días después de cosecha	Días después de polinización					
	207			219		
	White	Campas	Concha Lisa	White	Campas	Concha Lisa
1	139.11c	148.48c	178.12bc	280.73a	267.99ab	278.30a
2	146.70a	189.88a	186.96a	236.82a	245.48a	238.07a
3	182.29b	241.90ab	322.75ab	242.51ab	446.01a	275.71ab
4	216.13c	512.72 <sup>a</sup>	252.77c	297.38bc	411.67ab	266.18c
5	250.28b	323.97b	274.87b	355.82ab	425.83ab	663.82a
6	198.14d	186.99d	48.61d	490.10c	1048.11a	802.58b
7	123.03c	186.18c	114.18c	747.33b	994.49ab	1386.83a
8	777.66bc	1072.91ab	317.63c	1225.73ab	1335.39a	1324.11a
9	1057.18a	1225.12a	1000.00a	1051.20a	1209.09a	1154.50a
10	807.40b	1252.07a	1326.06a	1233.00a	1201.33ab	1015.48ab

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey  $\alpha=0.05$ ) (n=4)

**Cuadro 22.** Comparación de medias del contenido de sacarosa ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.

Días después de cosecha	Días después de polinización					
	207			219		
	White	Campas	Concha Lisa	White	Campas	Concha Lisa
1	154.33b	161.09b	169.66b	247.55a	263.27a	228.12a
2	146.54c	176.86b	167.35bc	205.58a	168.87bc	193.29ab
3	160.86c	269.87bc	325.23b	200.60c	467.03a	265.63bc
4	194.29b	402.83a	219.84b	237.38b	422.92a	228.89b
5	220.86b	350.81ab	224.08b	300.44ab	545.35a	480.34ab
6	238.59dc	200.33dc	67.18d	436.68bc	726.62a	690.95ab
7	191.47c	242.64c	122.33c	743.74b	1266.25a	1296.00a
8	977.92ab	1130.16a	504.96b	1425.38a	1361.79a	1381.73a
9	1164.87a	1156.01a	864.33a	1182.64a	1138.28a	1021.35a
10	520.53c	1166.43a	1068.09a	1129.28a	1157.25a	834.13b

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)

**Cuadro 23.** Comparación de medias del contenido de vitamina C (mg 100g<sup>-1</sup>) de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.

Días después de cosecha	Días después de polinización					
	207			219		
	White	Campas	Concha Lisa	White	Campas	Concha Lisa
1	82.97ab	103.07a	64.06b	63.76b	57.85b	51.35b
2	79.43a	88.29a	60.95b	47.22bc	41.31c	35.40c
3	84.75ab	109.57a	98.34ab	81.79ab	91.85ab	69.38b
4	104.84ab	104.84ab	68.20b	117.25 <sup>a</sup>	104.25ab	98.93ab
5	88.88a	93.61a	82.38a	85.93a	98.93a	79.43a
6	71.15b	102.48ab	72.33ab	114.89a	108.39ab	102.86ab
7	94.20ab	100.70a	58.74ab	78.24ab	66.42ab	45.15b
8	63.47a	32.14a	55.79a	59.92a	52.24a	58.74a
9	26.83c	23.28c	22.69c	33.33bc	51.65ab	56.97a
10	19.73ab	23.87a	14.41ab	10.87b	20.32ab	17.96ab

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey , 0.05) (n=4)

**Cuadro 24.** Comparación de medias de la luminosidad de la epidermis de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.

Días después de cosecha	Días después de polinización					
	207			219		
	White	Campas	Concha Lisa	White	Campas	Concha Lisa
1	41.95ab	40.65ab	43.57a	42.78ab	35.88b	38.38ab
2	37.80a	36.08a	35.68a	44.83a	35.83a	39.37a
3	41.03a	37.80a	42.83a	42.30a	34.77a	41.00a
4	40.13a	36.17ab	41.67a	41.72a	32.88b	36.55ab
5	40.85a	37.48c	42.83ab	43.55a	35.82c	37.87bc
6	34.95b	34.97b	37.78ab	43.37a	35.33b	38.08ab
7	38.13ab	30.98b	38.13ab	42.53a	34.33b	36.55ab
8	33.40ab	26.73b	36.50a	33.98ab	32.87ab	38.10a
9	28.10b	24.02b	32.68a	28.75ab	28.47ab	30.85a
10	26.55ab	21.93b	30.05a	24.93ab	24.80ab	28.75a

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)

**Cuadro 25.** Comparación de medias del croma de la epidermis de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.

Días después de cosecha	Días después de polinización					
	207			219		
	White	Campas	Concha Lisa	White	Campas	Concha Lisa
1	20.63a	20.27a	19.42a	20.55a	17.24a	17.44a
2	16.57b	15.44b	16.41b	22.11a	17.58ab	18.633b
3	21.01a	20.57a	19.82a	20.47a	16.06a	17.60a
4	18.24ab	17.25ab	17.69ab	20.13a	14.67b	16.64ab
5	19.39ab	17.91b	18.22b	21.82a	16.41b	18.19b
6	16.20bc	16.47bc	15.29c	23.84a	18.80b	17.92bc
7	17.89ab	12.58b	15.76ab	20.04a	15.25ab	16.08ab
8	12.34bc	8.84c	14.14abc	13.80abc	15.39ab	18.93a
9	8.90a	6.79a	10.91a	8.79a	10.27a	11.20a
10	7.91	6.20b	8.33ab	7.97ab	8.43ab	9.87a

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)

**Cuadro 26.** Comparación de medias del hue de la epidermis de los frutos de tres cultivares de chirimoya cosechados en dos estados de desarrollo.

Días después de cosecha	Días después de polinización					
	207			219		
	White	Campas	Concha Lisa	White	Campas	Concha Lisa
1	121.12a	120.12a	118.47a	119.18a	122.71a	121.01a
2	119.11ab	114.96b	118.18ab	119.16ab	121.87a	120.94ab
3	120.679a	120.22a	120.53a	119.02a	120.87a	120.13a
4	121.00a	120.16a	120.22a	119.07a	120.59a	119.73a
5	117.54a	116.12a	116.60a	119.09a	120.96a	120.82a
6	118.41ab	118.98ab	117.04b	121.29ab	124.48a	119.92ab
7	116.95a	110.94a	117.12a	118.48a	120.29a	118.77a
8	107.47ab	104.91b	113.29ab	108.81ab	117.88ab	120.58a
9	93.27c	96.64c	105.62b	92.28c	120.33a	110.31b
10	93.59a	95.54a	93.96a	77.07a	100.54a	102.87a

Letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales. (Tukey, 0.05) (n=4)

## ANEXO 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS: CORRELACIONES ENTRE VARIABLES

**Cuadro 27.** Correlaciones entre variables durante la maduración de frutos de chirimoya 'White' cosechados a los 207 días después de polinización.

Coeficientes de correlación de Pearson, N = 30														
Prob >  r  bajo H <sub>0</sub> : Rho=0														
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>
X <sub>1</sub>	1.00	0.59	-0.82	0.89	0.65	0.82	-0.38	0.49	0.56	0.53	-0.55	-0.71	-0.68	-0.63
X <sub>2</sub>	1.00	0.00	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	<.0001	<.0001	0.00
X <sub>3</sub>			1.00	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.00	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>4</sub>				1.00	<.0001	<.0001	0.00	<.0001	<.0001	<.0001	0.00	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>5</sub>					1.00	<.0001	0.00	<.0001	<.0001	<.0001	0.00	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>6</sub>						1.00	0.00	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>7</sub>							1.00	0.00	<.0001	0.00	<.0001	0.00	<.0001	<.0001
X <sub>8</sub>								1.00	<.0001	<.0001	0.00	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>9</sub>									1.00	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>10</sub>										1.00	0.00	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>11</sub>											1.00	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>12</sub>												1.00	<.0001	<.0001
X <sub>13</sub>													1.00	<.0001
X <sub>14</sub>														1.00

X<sub>1</sub>=intensidad respiratoria (mLCO<sub>2</sub>Kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), X<sub>2</sub>=producción de etileno (μLKg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), X<sub>3</sub>= firmeza (newton), X<sub>4</sub>=pérdida de peso (%), X<sub>5</sub>=açidez titulable (% de ácido málico), X<sub>6</sub>=sólidos solubles totales (°Bx), X<sub>7</sub>=almidón (g 100g<sup>-1</sup>), X<sub>8</sub>=glucosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>9</sub>=fructosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>10</sub>=sacarosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>11</sub>=vitamina C (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>12</sub>=luminosidad, X<sub>13</sub>= croma, X<sub>14</sub>= hue.

**Cuadro 28.** Correlaciones entre variables durante la maduración de frutos de chirimoya 'White' cosechados a los 219 días después de polinización.

Coeficientes de correlación de Pearson, N = 30  
Prob > |r| bajo H<sub>0</sub>: Rho=0

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>
X <sub>1</sub>	1.00	0.68 <.0001	-0.71 <.0001	0.87 <.0001	0.65 <.0001	0.83 <.0001	-0.47 0.01	0.71 <.0001	0.80 <.0001	0.77 <.0001	-0.40 0.03	-0.68 <.0001	-0.67 <.0001	-0.66 <.0001
X <sub>2</sub>		1.00	-0.77 <.0001	0.74 <.0001	0.55 0.00	0.83 <.0001	-0.30 0.11	0.85 <.0001	0.80 <.0001	0.82 <.0001	-0.29 0.13	-0.46 0.01	-0.52 0.00	-0.41 0.03
X <sub>3</sub>			1.00	-0.83 <.0001	-0.57 0.00	-0.83 <.0001	0.36 0.05	-0.82 <.0001	-0.84 <.0001	-0.82 <.0001	0.55 0.00	0.68 <.0001	0.69 <.0001	0.64 0.00
X <sub>4</sub>				1.00	0.70 <.0001	0.88 <.0001	-0.54 0.00	0.85 <.0001	0.90 <.0001	0.84 <.0001	-0.39 0.03	-0.77 <.0001	-0.73 <.0001	-0.73 <.0001
X <sub>5</sub>					1.00	0.56 0.00	-0.29 0.12	0.52 0.00	0.55 0.00	0.48 0.01	-0.29 0.12	-0.43 0.02	-0.40 0.03	-0.49 0.01
X <sub>6</sub>						1.00	-0.47 0.01	0.86 <.0001	0.90 <.0001	0.85 <.0001	-0.38 0.04	-0.70 <.0001	-0.69 <.0001	-0.62 0.00
X <sub>7</sub>							1.00	-0.55 0.00	-0.51 0.00	-0.52 0.00	0.15 0.42	0.55 0.00	0.62 0.00	0.51 0.00
X <sub>8</sub>								1.00	0.96 <.0001	0.95 <.0001	-0.52 0.00	-0.72 <.0001	-0.77 <.0001	-0.71 <.0001
X <sub>9</sub>									1.00	0.97 <.0001	-0.57 0.00	-0.82 <.0001	-0.83 <.0001	-0.78 <.0001
X <sub>10</sub>										1.00	-0.53 0.00	-0.77 <.0001	-0.80 <.0001	-0.70 <.0001
X <sub>11</sub>											1.00	0.68 <.0001	0.73 <.0001	0.75 <.0001
X <sub>12</sub>												1.00	0.96 <.0001	0.89 <.0001
X <sub>13</sub>													1.00	0.90 <.0001
X <sub>14</sub>														1.00

X<sub>1</sub>=intensidad respiratoria (mLCO<sub>2</sub>Kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), X<sub>2</sub>=producción de etileno (μLKg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), X<sub>3</sub>= firmeza (newton), X<sub>4</sub>=pérdida de peso (%), X<sub>5</sub>=acidez titulable (% de ácido málico), X<sub>6</sub>=sólidos solubles totales (°Bx), X<sub>7</sub>=almidón (g 100g<sup>-1</sup>), X<sub>8</sub>=glucosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>9</sub>=fructosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>10</sub>=sacarosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>11</sub>=vitamina C (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>12</sub>=luminosidad, X<sub>13</sub>= croma, X<sub>14</sub>= hue.

**Cuadro 29.** Correlaciones entre variables durante la maduración de frutos de chirimoya 'Campas' cosechados a los 207 días después de polinización.

Coefficientes de correlación de Pearson, N = 30

Prob > |r| bajo H<sub>0</sub>: Rho=0

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>
X <sub>1</sub>	1.00	0.51	-0.72	0.74	0.71	0.77	-0.37	0.36	0.34	0.37	-0.35	-0.53	-0.52	-0.39
X <sub>2</sub>	0.00	1.00	<.0001	<.0001	0.02	<.0001	0.00	0.03	0.03	0.01	0.04	<.0001	<.0001	0.01
X <sub>3</sub>	<.0001	<.0001	1.00	<.0001	0.00	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>4</sub>	<.0001	<.0001	<.0001	1.00	0.00	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>5</sub>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.00	0.00	0.16	0.02	0.02	0.01	0.08	0.02	0.02	0.19
X <sub>6</sub>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.00	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>7</sub>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.00	0.00	0.00	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>8</sub>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.00	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>9</sub>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.00	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>10</sub>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.00	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>11</sub>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.00	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>12</sub>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.00	<.0001	<.0001
X <sub>13</sub>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.00	<.0001
X <sub>14</sub>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.00

X<sub>1</sub>=intensidad respiratoria (mLCO<sub>2</sub>Kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), X<sub>2</sub>=producción de etileno (μLKg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), X<sub>3</sub>= firmeza (newton), X<sub>4</sub>=pérdida de peso (%), X<sub>5</sub>=acidez titulable (% de ácido málico), X<sub>6</sub>=sólidos solubles totales (°Bx), X<sub>7</sub>=almidón (g 100g<sup>-1</sup>), X<sub>8</sub>=glucosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>9</sub>=fructosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>10</sub>=sacarosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>11</sub>=vitamina C (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>12</sub>=luminosidad, X<sub>13</sub>= croma, X<sub>14</sub>= hue.

**Cuadro 30.** Correlaciones entre variables durante la maduración de frutos de chirimoya 'Campas' cosechados a los 219 días después de polinización.

Coeficientes de correlación de Pearson, N = 30  
Prob > |r| bajo H<sub>0</sub>: Rho=0

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>
X <sub>1</sub>	1.00	0.56	-0.81	0.86	0.22	0.83	-0.58	0.73	0.75	0.65	-0.07	-0.57	-0.50	-0.23
X <sub>2</sub>	0.00	1.00	<.0001	<.0001	0.24	<.0001	0.00	<.0001	<.0001	<.0001	0.71	0.00	0.00	0.21
X <sub>3</sub>			1.00	<.0001	0.90	<.0001	0.01	<.0001	<.0001	<.0001	0.05	0.00	0.00	0.08
X <sub>4</sub>				1.00	0.42	<.0001	0.00	<.0001	<.0001	<.0001	0.13	0.00	0.00	0.03
X <sub>5</sub>					1.00	0.49	0.32	0.50	0.39	0.54	0.05	0.19	0.12	0.93
X <sub>6</sub>						1.00	0.00	<.0001	<.0001	<.0001	0.08	0.00	0.00	0.05
X <sub>7</sub>							1.00	0.05	0.01	0.01	0.44	0.04	0.05	0.20
X <sub>8</sub>								1.00	<.0001	<.0001	0.04	0.00	0.01	0.14
X <sub>9</sub>									1.00	<.0001	0.10	0.01	0.03	0.18
X <sub>10</sub>										1.00	0.07	0.02	0.02	0.11
X <sub>11</sub>											1.00	0.00	0.00	0.01
X <sub>12</sub>												1.00	<.0001	0.00
X <sub>13</sub>													1.00	0.00
X <sub>14</sub>														1.00

X<sub>1</sub>=intensidad respiratoria (mLCO<sub>2</sub>Kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), X<sub>2</sub>=producción de etileno (μLKg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), X<sub>3</sub>= firmeza (newton), X<sub>4</sub>=pérdida de peso (%), X<sub>5</sub>=acidez titulable (% de ácido málico), X<sub>6</sub>=sólidos solubles totales (°Bx), X<sub>7</sub>=almidón (g 100g<sup>-1</sup>), X<sub>8</sub>=glucosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>9</sub>=fructosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>10</sub>=sacarosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>11</sub>=vitamina C (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>12</sub>=luminosidad, X<sub>13</sub>= croma, X<sub>14</sub>= hue.

**Cuadro 31.** Correlaciones entre variables durante la maduración de frutos de chirimoya 'Concha Lisa' cosechados a los 207 días después de polinización.

Coeficientes de correlación de Pearson, N = 30  
Prob > |r| bajo H<sub>0</sub>: Rho=0

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>
X <sub>1</sub>	1.00	0.90	-0.83	0.93	0.71	0.87	-0.60	0.70	0.75	0.75	-0.76	-0.69	-0.86	-0.84
		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.00	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>2</sub>		1.00	-0.79	0.86	0.76	0.91	-0.64	0.85	0.84	0.91	-0.80	-0.72	-0.86	-0.87
			<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.00	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>3</sub>			1.00	-0.77	-0.82	-0.81	0.52	-0.76	-0.79	-0.78	0.68	0.77	0.90	0.86
				<.0001	<.0001	<.0001	0.00	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>4</sub>				1.00	0.72	0.80	-0.51	0.65	0.66	0.71	-0.64	-0.66	-0.83	-0.74
					<.0001	<.0001	0.00	0.00	<.0001	<.0001	0.00	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>5</sub>					1.00	0.76	-0.35	0.78	0.75	0.80	-0.62	-0.57	-0.75	-0.76
						<.0001	0.06	<.0001	<.0001	<.0001	0.00	0.00	<.0001	<.0001
X <sub>6</sub>						1.00	-0.66	0.80	0.82	0.89	-0.66	-0.68	-0.84	-0.84
							<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>7</sub>							1.00	-0.47	-0.52	-0.56	0.66	0.59	0.64	0.54
								0.01	0.00	0.00	<.0001	0.00	0.00	0.00
X <sub>8</sub>								1.00	0.98	0.97	-0.67	-0.64	-0.76	-0.89
									<.0001	<.0001	<.0001	0.00	<.0001	<.0001
X <sub>9</sub>									1.00	0.95	-0.70	-0.67	-0.80	-0.90
										<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>10</sub>										1.00	-0.69	-0.69	-0.82	-0.89
											<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>11</sub>											1.00	0.68	0.77	0.75
												<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>12</sub>												1.00	0.89	0.78
													<.0001	<.0001
X <sub>13</sub>													1.00	0.90
														<.0001
X <sub>14</sub>														1.00

X<sub>1</sub>=intensidad respiratoria (mLCO<sub>2</sub>Kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), X<sub>2</sub>=producción de etileno (μLKg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), X<sub>3</sub>= firmeza (newton), X<sub>4</sub>=pérdida de peso (%), X<sub>5</sub>=acidez titulable (% de ácido málico), X<sub>6</sub>=sólidos solubles totales (°Bx), X<sub>7</sub>=almidón (g 100g<sup>-1</sup>), X<sub>8</sub>=glucosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>9</sub>=fructosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>10</sub>=sacarosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>11</sub>=vitamina C (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>12</sub>=luminosidad, X<sub>13</sub>= croma, X<sub>14</sub>= hue.

**Cuadro 32.** Correlaciones entre variables durante la maduración de frutos de chirimoya 'Concha Lisa' cosechados a los 219 días después de polinización.

Coefficientes de correlación de Pearson, N = 30

Prob > |r| bajo H<sub>0</sub>: Rho=0

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>
X <sub>1</sub>	1.00	0.89	-0.71	0.92	0.53	0.77	-0.48	0.46	0.72	0.64	-0.35	-0.72	-0.77	-0.83
		<.0001	<.0001	<.0001	0.00	<.0001	0.01	0.01	<.0001	0.00	0.06	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>2</sub>		1.00	-0.76	0.79	0.29	0.62	-0.38	0.33	0.58	0.51	-0.54	-0.71	-0.80	-0.91
			<.0001	<.0001	0.12	0.00	0.04	0.07	0.00	0.00	0.00	<.0001	<.0001	<.0001
X <sub>3</sub>			1.00	-0.79	-0.33	-0.84	0.37	-0.50	-0.78	-0.79	0.48	0.54	0.58	0.56
				<.0001	0.08	<.0001	0.04	0.01	<.0001	<.0001	0.01	0.00	0.00	0.00
X <sub>4</sub>				1.00	0.68	0.89	-0.63	0.60	0.82	0.79	-0.20	-0.63	-0.63	-0.67
					<.0001	<.0001	0.00	0.00	<.0001	<.0001	0.28	0.00	0.00	<.0001
X <sub>5</sub>					1.00	0.60	-0.36	0.72	0.68	0.65	-0.07	-0.20	-0.07	-0.18
						0.00	0.05	<.0001	<.0001	0.00	0.72	0.28	0.70	0.34
X <sub>6</sub>						1.00	-0.47	0.63	0.92	0.93	-0.18	-0.55	-0.51	-0.47
							0.01	0.00	<.0001	<.0001	0.34	0.00	0.00	0.01
X <sub>7</sub>							1.00	-0.23	-0.36	-0.31	-0.18	0.41	0.40	0.38
								0.23	0.05	0.09	0.34	0.03	0.03	0.04
X <sub>8</sub>								1.00	0.80	0.77	-0.14	-0.16	-0.05	-0.14
									<.0001	<.0001	0.47	0.41	0.79	0.45
X <sub>9</sub>									1.00	0.97	-0.23	-0.43	-0.38	-0.38
										<.0001	0.23	0.02	0.04	0.04
X <sub>10</sub>										1.00	-0.21	-0.38	-0.32	-0.29
											0.26	0.04	0.09	0.12
X <sub>11</sub>											1.00	0.35	0.43	0.48
												0.06	0.02	0.01
X <sub>12</sub>												1.00	0.87	0.72
													<.0001	<.0001
X <sub>13</sub>													1.00	0.88
														<.0001
X <sub>14</sub>														1.00

X<sub>1</sub>=intensidad respiratoria (mLCO<sub>2</sub>Kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), X<sub>2</sub>=producción de etileno (μLKg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), X<sub>3</sub>= firmeza (newton), X<sub>4</sub>=pérdida de peso (%), X<sub>5</sub>=ácidez titulable (% de ácido málico), X<sub>6</sub>=sólidos solubles totales (°Bx), X<sub>7</sub>=almidón (g 100g<sup>-1</sup>), X<sub>8</sub>=glucosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>9</sub>=fructosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>10</sub>=sacarosa (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>11</sub>=vitamina C (mg 100g<sup>-1</sup>), X<sub>12</sub>=luminosidad, X<sub>13</sub>= croma, X<sub>14</sub>= hue.