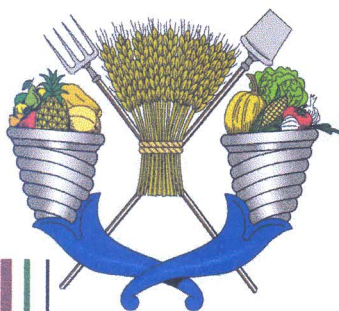




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y DE
POSCOSECHA DE LAS PRINCIPALES
SELECCIONES Y CULTIVARES DE CHIRIMOYO
(*Annona cherimola* Mill.)**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA**

PRESENTA:

JORGE ANDRÉS AGUSTÍN



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Chapingo, Méx., septiembre del 2004



**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y DE POSCOSECHA DE LAS
PRINCIPALES SELECCIONES Y CULTIVARES DE CHIRIMOYO (*Annona
cherimola* Mill.)**

Tesis realizada por Jorge Andrés Agustín bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR



Dr. Raúl Nieto Ángel

ASESOR



Dr. Alejandro F. Barrientos Priego

ASESOR



Dra. Ma. Teresa Martínez Damián

ASESOR



Dr. Fernando González Andrés

ASESOR



Dr. Sergio Segura Ledesma

ASESOR EXTERNO



Dr. Juan Guillermo Cruz Castillo

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Raúl Nieto Ángel por presidir el Consejo Asesor y dirigir la presente investigación, así como por sus múltiples enseñanzas y orientaciones durante los estudios de doctorado.

Al Dr. Alejandro F. Barrientos Priego por formar parte del Consejo Asesor y por su muy atinada asesoría en la investigación, así como por su paciencia en la revisión de los escritos y por sus enseñanzas sobre el mejoramiento genético de frutales.

A la Dra. Ma. Teresa Martínez Damián por formar parte del Consejo Asesor, por sus múltiples asesorías para el desarrollo de la investigación sobre poscosecha y por la revisión de los escritos.

Al Dr. Fernando González Andrés por formar parte del Consejo Asesor, sus enseñanzas en la caracterización vegetal, las asesorías y revisiones de los escritos de los resultados de la investigación sobre caracterización vegetal.

Al Dr. Sergio Segura Ledesma por formar parte del Consejo Asesor, por sus orientaciones y asesorías en el análisis estadístico y revisión de los escritos finales.

Al Dr. Juan Guillermo Cruz Castillo por formar haber formado parte del Jurado para los Exámenes Predoctorales, la asesoría sobre análisis multivariable y la revisión de los escritos finales.

A la Sra. Ángela Barrera Cortés por su asesoría y apoyo en el trabajo de laboratorio para el estudio en poscosecha.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la realización de los estudios de Doctorado en Ciencias en Horticultura.

Al Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán (CIDEM) por la beca otorgada para la realización de los estudios del Doctorado en Ciencias en Horticultura.

A la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. por haberme proporcionado el material experimental de chirimoyo.

Al Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo y al Centro Regional Universitario Centro-Occidente por permitirme realizar los estudios de doctorado.

A todos los profesores del Programa de Posgrado en Horticultura del Departamento de Fitotecnia por sus múltiples enseñanzas durante los estudios

Al C. Enrique Alberto Cortés Silva por haberme proporcionado los frutos para los estudios poscosecha, por sus múltiples enseñanzas y orientaciones sobre el cultivo del chirimoyo.

A los productores de las comunidades de Tingambato, Tancítaro y Chilchota por haberme proporcionado el material experimental y a todas las personas que directa o indirectamente hicieron posible la conclusión de los estudios.

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres, Leopoldo Andrés y Esperanza Agustín, por haberme dado la vida, por su amor, consejos para la vida y por sus múltiples enseñanzas para cultivar la tierra.

A mi esposa Elvia por su amor, comprensión, apoyo moral durante la estancia en los estudios y por formar parte de nuestra vida.

A mis hijas Mónica Selene, Liliana, Karen y Elvita, por ser los motivos más grandes de superación constante en la vida y también por su comprensión y apoyo moral durante los estudios de doctorado.

A mis hermanas y hermanos Otilia, Raquel, José y Martín por su apoyo moral, ejemplos de trabajo y constancia en la superación personal.

A mis entrañables compañeras y compañeros del doctorado: Ramona Pérez Leal, Ma. Consuelo Sánchez Enciso, Alejandro Manzo González, José Luis Domínguez, Juan López Santiago y Juan Martínez Solís, por su amistad y por haber compartido juntos muchas horas de estudio, así como por las inolvidables convivencias vividas durante los estudios.

A todos mis amigos y amigas, en especial a Lila M. Marroquín Andrade y a Carlos Núñez que siempre me brindaron su apoyo moral para la realización de los estudios de doctorado.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor nació el día 26 de mayo de 1954 en San Luis, Municipio de Los Reyes, Michoacán, México. Estudió la carrera de Ingeniero Agrónomo con especialidad en Fitotecnia en la Universidad Autónoma Chapingo de 1975 a 1980. Los estudios de Maestría en Ciencias en Fruticultura en el Centro de Fruticultura del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México de 1990 a 1992 y los estudios de Doctorado en Horticultura en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo del año 2000 a 2004.

Ha laborado como docente en el sistema de Educación Tecnológica Agropecuaria en los Centros de Bachilleratos Tecnológicos Agropecuarios (CBTA 49 y 7) e Instituto Tecnológico Agropecuario 7 de Morelia, Michoacán, de 1980 a 1985. De 1985 a la fecha se desempeña como Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma Chapingo en el Centro Regional Universitario Centro-Occidente (CRUCO) con sede en la ciudad de Morelia, Michoacán.

La labor principal ha sido en la investigación en recursos fitogenéticos con enfoque en frutales no convencionales, tales como el chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.), granada china (*Passiflora ligularis* Juss.) y pitaya (*Stenocereus* sp) en los cuales se tienen publicados folletos técnicos. Ha sido organizador y coordinador de varios diplomados sobre fruticultura tropical y cultivo de durazno. También ha participado en diversos programas de fomento frutícola en el estado de Michoacán, así como en las asesorías de tesis a nivel profesional y de posgrado en Desarrollo Rural Regional. Es miembro de la Red Mexicana de Anonáceas y realiza investigaciones en recursos fitogenéticos del chirimoyo.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN GENERAL	ii
GENERAL ABSTRACT	iii
I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Objetivos	2
II. VARIACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA HOJA DE CHIRIMOYO (<i>Annona chermola</i> Mill.) EN MÉXICO	3
Resumen	4
Introducción	6
Materiales y Métodos	8
Resultados y Discusión	11
Conclusiones	18
Literatura Citada	19
III. VARIACIÓN MORFOMÉTRICA DE ÓRGANOS DE SELECCIONES Y CULTIVARES DE CHIRIMOYO (<i>Annona cherimola</i> Mill) EN MÉXICO	22
Resumen	23
Introducción	25
Materiales y Métodos	26
Resultados y Discusión	33
Conclusiones	42
Literatura Citada	43
IV. CARACTERIZACIÓN POSCOSECHA DE FRUTOS DE 11 SELEC- CIONES Y CULTIVARES DE CHIRIMOYO (<i>Annona cherimola</i> Mill.)	46
Resumen	47
Introducción	49
Materiales y Métodos	50
Resultados y Discusión	53
Conclusiones	67
Literatura Citada	68
V. FRIGOCONSERVACIÓN DE FRUTOS DE CHIRIMOYO (<i>Annona cherimola</i> Mill.) EN POSCOSECHA	70
Resumen	71
Introducción	73
Materiales y Métodos	74
Resultados y Discusión	78
Conclusiones	90
Literatura Citada	91
VI. DISCUSIÓN GENERAL	93
Caracterización Morfológica	94
Caracterización Poscosecha	95
Literatura General Citada	99
VII. CONCLUSIONES GENERALES	101

RESUMEN GENERAL

El presente estudio se desarrolló con el objetivo de caracterizar, desde el punto de vista morfométrico, a la hoja, flor, fruto y semilla de algunas selecciones y cultivares de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en México, y obtener grupos de genotipos de acuerdo a la similitud de características de estos órganos, así como identificar a los principales caracteres con mayor influencia en la definición de dichos grupos, para validar la utilidad de la morfometría en la discriminación de germoplasma. Se utilizaron 11 accesiones (ocho selecciones y tres cultivares) tomando una muestra de nueve hojas de tres árboles por accesión utilizando a la 8a-9a hoja del brote vegetativo de crecimiento del mismo año, de 10 frutos, 10 flores de tres árboles y 20 semillas por accesión. Se digitalizaron imágenes de las hojas, flores y semillas, y mediante un analizador de imágenes se realizaron las mediciones morfométricas. Inicialmente se eligieron 45 caracteres, que tras un estudio de correlación entre ellos, se redujeron a 29; se eliminaron aquellos altamente correlacionados. Se realizaron análisis de componentes principales y de agrupamiento. Los caracteres más discriminantes en chirimoyo fueron: área de sépalo, sólidos solubles totales y peso de fruto (primer componente); relación eje radial/eje longitudinal de semilla, área de sección de pétalo y ángulo de la quinta venación del limbo (segundo componente); ángulo apical, índice de redondez de hoja y resistencia de la cáscara al penetrómetro (tercer componente). También se realizó la caracterización poscosecha de frutos de las 11 accesiones con el objetivo de encontrar caracteres poscosecha importantes en estas accesiones, además de definir en cada uno de ellos caracteres favorables para la vida en poscosecha. Para el estudio se incluyeron 10 frutos de tres árboles por accesión. Se encontraron diferencias significativas entre genotipos en los porcentajes de pérdida de peso, resistencia de la piel al penetrómetro, contenido de SST (°Brix), pH, acidez titulable, cambios de color y producción de CO₂ y etileno. Los cvs Campas, Cortés II 31 y las selecciones 266 y 256 fueron los que tuvieron menor porcentaje de pérdida de peso en poscosecha. Las selecciones 196, 256 y los cvs. Cortés II 31 y White destacaron por tener mayor firmeza de la cáscara. Las selecciones Carapan, y 266 tuvieron significativamente mayor contenido de sólidos solubles totales. Los cvs. Cortés II 31, Campas y las selecciones 196 y 260 resultaron con el pH significativamente más alto. Las selecciones 256, 266 y los cvs. Cortés II 31 y Campas fueron los que reunieron el mayor número de caracteres favorables en poscosecha. Por otro lado, los frutos con cubierta plástica y refrigeración reducen el

porcentaje de pérdida fisiológica de peso de los frutos y este parámetro aumenta en la medida que pasan los días en condiciones ambientales. Los sólidos solubles totales, azúcares totales y pH aumentaron, en tanto que la acidez titulable y la vitamina C, disminuyeron a mayor número de días de refrigeración de los frutos. El porcentaje de maduración a temperatura ambiente resultó normal en los frutos con 14 días de almacenamiento refrigerado, sin embargo, a los 21 días se acentuaron los desórdenes fisiológicos y la cubierta plástica intensificó este daño.

PALABRAS CLAVE: *Annonaceae*, caracterización, descriptores, poscosecha, maduración.

GENERAL ABSTRACT

A morphometrical characterization was developed in organs: leaf, flower, seed and fruit of some selections and cultivars of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) in Mexico and to group genotypes according to the morphological characteristics similarity provided by these organs, selecting the best characters to discriminate and to identify new selections and cultivars. Eleven genotypes were used (eight selections and three cultivars). Initially 45 characters of the four organs were chosen that after a correlation, they decreased to 29, eliminating those highly correlated, selecting those of a more stable index. Of the 29 evaluated characters: seven were of leaf, nine of flower, three of seed and ten of fruit. The leaf data, flower and seed were obtained by an image analyser as those of fruit were obtained by manual instrumentation. The statistic analysis of characters was made of the principal components analysis (PCA). The PCA showed that the most important characters were: area of sepal, total soluble solids and fruit weight (first component); rate radial axe of seed/major axe length of seed, projected section of petal and angle of five vein (second component); apical angle of leaf, leaf roundness and peel resistance of fruit to penetrometer (third component). The cluster analysis was able to differentiate the selections and cultivars in four well defined groups, this indicate the morphometrical variation in organs of cherimoya and the utility to select characters to differentiate items. Some cultivars of United States and Spain grouped with the Mexican selections, what makes think that these varieties have the same center of origin. For the other hand was characterized this cultivars were characterized on postharvest on environmental conditions to find the best, according to important postharvest characters. For the study were sampled 10 fruits by each genotype.

They were significant differences among genotypes in the percentages of weight loss, resistance of the skin to the penetrometer, SST (°Brix), pH, titratable acidity, changes of color, CO₂ and ethylene production. There were not significant differences among cultivars on flesh softening but it was significant between evaluation on days, being that to the fourth day this character went down to 2.14 kg, that is a ripening indicator. The selections 256, 266 and the cvs. Cortés II 31 and Campas were the best cultivars in postharvest changes. For the other hand in fruit conservation the plastic cover and the refrigeration reduced the percentage of fruit weight loss but this parameter increases with the days under environmental conditions. The total soluble solids, total sugars and pH increased, but the malic acid and the vitamin C decreased with the days of refrigeration of fruits. The percentage of ripening was normal in the fruits with 14 days of refrigerated storage, however to the 21 days the physiologic disorders were increasing and the plastic cover intensified this damage.

KEY WORDS: *Annonaceae*, characterization, descriptors, ripening, respiration

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

La adecuada identificación varietal de especies frutales es muy necesaria para diferentes propósitos: el mejoramiento genético; el registro de nuevas variedades; saber si el genotipo está bien identificado, para evitar posibles hurtos; para las plantaciones comerciales estar seguro de que la variedad es la adecuada. Cualquier método que se utilice es preciso garantizar que los caracteres sean los suficientes y lo más estables posible; es decir, que se manifiesten de igual manera independientemente del ambiente en el que la planta se desarrolla o de cualquier otro factor como la edad, el portainjerto, manejo del cultivo, entre otros que también tienen su influencia en algunos caracteres y, a la vez que dichos caracteres sean suficientemente discriminantes como para diferenciar material próximo, desde el punto de vista genético. Dichos caracteres pueden ser de índole morfológico o de naturaleza bioquímica. Tradicionalmente las distintas variedades de frutales se han venido identificando por sus características fenológicas y, generalmente, se priorizan, aquellas que interesan más, desde el punto de vista agronómico y las que la experiencia dice que son más estables. Dichas características hacen referencia a aspectos de porte y vigor, morfología de ramas, flores, hojas, frutos y semillas, épocas y período de floración y maduración, calidad del fruto, resistencia/sensibilidad a plagas o enfermedades (Royo *et al.*, 1994).

La chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) es una especie que pertenece a la familia *Anonaceae* y que tiene su centro de origen en el trópico de América; su origen específico está todavía por dilucidarse. Los principales países productores a nivel mundial son: España, Perú, Chile, Bolivia, Australia, Estados Unidos, Israel y México. En México la especie se encuentra ampliamente distribuido en las regiones subtropicales del Estado de México, Michoacán, Morelos, Puebla, San Luis Potosí, Guanajuato, Oaxaca, Jalisco, Veracruz y otros con el mismo clima, en los cuales se desarrollan huertos familiares, pero también existe germoplasma fomentado y tolerado: Recientemente se han iniciado trabajos de selección de genotipos provenientes de semilla y la introducción de cultivares comerciales; éstos fundamentalmente con fines de explotación y aprovechamiento de la fruta, sin embargo, dada la importancia de la especie, es necesario realizar trabajos de caracterización morfológica y bioquímica (poscosecha) con la finalidad de describir los atributos

cualitativos y cuantitativos de las accesiones para diferenciarlas de acuerdo a su potencial, determinar también su utilidad comercial, variabilidad genética y relaciones entre ellas e identificar genes que determinen su producción o para el mejoramiento genético. Los primeros resultados de las investigaciones sobre selección de genotipos de esta especie, muestran que existe alta variabilidad debido principalmente a que provienen de semilla, existiendo algunas selecciones de México sobresalientes; también se están introduciendo algunas variedades de otros países, principalmente de España y Chile. El interés por el cultivo del chirimoyo crece en México, sin embargo, se considera que la industria no se ha desarrollado debido a la falta de cultivares con características deseables de los frutos y la tecnología de campo y poscosecha que permita obtener volúmenes y calidad necesaria par el mercado nacional y de exportación. Para seleccionar variedades se requiere primeramente estudiar la variación de la especie y para el registro la definición de los mejores descriptores, mismos que pueden obtenerse mediante la caracterización de los cultivares y las selecciones existentes. De esta forma, el presente estudio estuvo enfocado, primeramente al estudio de la variabilidad morfométrica expresada en hoja, flor, fruto y semilla de las principales selecciones y variedades del chirimoyo y, en segundo lugar, a estudios sobre el comportamiento de su maduración y conservación en poscosecha.

OBJETIVOS

Definir los descriptores o las características morfológicas del fruto, semilla, hoja, y flor de las principales selecciones y cultivares de chirimoyo para conocer la variabilidad, diferenciar el germoplasma, determinar su utilidad potencial y contribuir a la selección de los descriptores para la especie.

Evaluar el comportamiento físico, bioquímico y fisiológico de los frutos 11 selecciones y cultivares del chirimoyo, durante su maduración en poscosecha, definiendo las principales características de utilidad para el manejo poscosecha de la chirimoya.

Determinar el efecto del almacenamiento a temperatura de 10 °C y uso de películas plásticas sobre la conservación de los frutos del cv. Cortés II 31.

II. VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE LA HOJA DE CHIRIMOYO **(*Annona cherimola* Mill.)**

VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE LA HOJA DE CHIRIMOYO (*Annona cherimola* Mill.)

J. Andrés-Agustín^{1¶}; R. Nieto-Ángel²; A. F. Barrientos-Priego²; M. T. Martínez-Damián²; F. González-Andrés³;
S. D. Segura-Ledesma²; J. G. Cruz-Castillo⁴

¹CRUCO-Universidad Autónoma Chapingo. Av. Periférico Independencia Pte. No.1000. C.P. 58000, Morelia,
Michoacán, MÉXICO. Correo-e: jandres5@hotmail.com

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México, MÉXICO.

³Departamento de Ingeniería Agraria, Universidad de León, León, España.

⁴CRUO-Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Veracruz, MÉXICO.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue caracterizar, la variación morfométrica de la hoja de nueve selecciones y ocho cultivares de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.). Se obtuvieron muestras de nueve hojas por accesión, que fueron digitalizadas y se realizaron las mediciones con un analizador de imágenes. El análisis estadístico de los resultados utilizando la correlación, componentes principales y de agrupamiento. Los caracteres morfométricos de hoja más discriminantes fueron: el área foliar y el ángulo de la quinta vena (primer componente principal); índice de redondez y la relación eje radial/eje longitudinal (segundo componente principal); longitud del pecíolo y número de venas (tercer componente principal). Estos tres primeros componentes acumularon el 80 % de la variación total. De los caracteres señalados, el índice de redondez, la longitud de pecíolo y la relación eje radial/eje longitudinal no presentaron ningún tipo de correlación entre ellos ni con los anteriores. A partir del análisis se logró la separación de los cultivares y selecciones en seis grupos bien definidos, lo que indica que existe variabilidad morfométrica en la hoja de la especie, y que esta puede ser útil para diferenciar germoplasma, y en consecuencia para elaborar descriptores.

PALABRAS CLAVE: Germoplasma, caracterización, taxonomía numérica, morfología foliar.

ABSTRACT
MORPHOLOGICAL VARIATION OF LEAF IN CHERIMOYA (*Annona cherimola* Mill.)

Nine selections and eight cultivars of the *Annona cherimola* Mill. were analyzed by morphological parameters of nine leaves by accessions to validate the characters to identify cultivars. The quantitative data were obtained using the image analyser (Image Tool). The Principal Component Analysis (PCA) showed that the three first PCA have a high cumulative variance (80 %). Leaf area and angle of the fifth vein were the main characters (first PCA); roundness and relation of minor axis length/mayor axis length (second PCA); petiole length and number of veins (third PCA). Both the PCA and cluster analysis formed six well defined groups of cultivars, this indicates the morphological variation on leaf in cherimoya, and it could be useful to differentiate gemoplasm and consequently to elaborate descriptors.

KEY WORDS: Gemoplasm, characterization, genetic resources, numeric taxonomy, leaf morphology.

INTRODUCCIÓN

El chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) es una especie que tiene su centro de origen en América (De Candolle, citado por Popenoe, 1920; Safford, 1914), y aunque éste no se conoce con precisión, la mayor diversidad genética corresponde al sur de México, Centroamérica y norte de Sudamérica. En México está distribuido en las regiones subtropicales en el sistema de huertos de traspatio y alrededor de 50 ha en huertos comerciales, cuya producción se destina principalmente al mercado regional y muy poca a la exportación; la industria no se ha desarrollado por la falta de cultivares apropiados y de tecnología de manejo que permita obtener calidad y buenos rendimientos (Andrés-Agustín, 1997).

El chirimoyo es un árbol de 4 a 9 m de altura, erguido o con sus ramas extendidas, de porte globoso y denso, con copa redondeada. El tronco es cilíndrico, de corteza gruesa y lisa, o ligeramente veteada, de color verde grisáceo. Las ramas emergen de manera irregular, son muy densas y tienen tendencia a inclinarse. Los entrenudos son largos, de hasta 20 cm en árboles jóvenes (Popenoe, 1920; Schroeder, 1997; Gardiazabal y Rosenberg, 1993). Las hojas del chirimoyo tienen un comportamiento caduco, de disposición alterna en la rama, simples (una sola lámina foliar), longitud que 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 (Schroeder, 1997; Gardiazabal y Rosenberg, 1993.). El pecíolo de la hoja es hueco en la zona de inserción con el tallo, ocultando y protegiendo las yemas que darán origen a la próxima brotación, que puede ser de flor o brote vegetativo (Ibár-Albiñana, 1979). La longitud del pecíolo varía de 6.0 a 12.5 mm y ligeramente pubescente (Morton, 1987).

La caracterización vegetal consiste en establecer todos los caracteres posibles de un vegetal, cuyos objetivos pueden ser la identificación de una especie o cultivar, sistemática y análisis de la diversidad genética. Para la identificación de un vegetal cuanto menos caracteres se utilicen en la caracterización es mejor, porque de esta manera el proceso será más sencillo y

rápido, aunque las características que se utilicen deben ser lo más evidentes posibles (rasgos morfológicos) y además únicas del vegetal para evitar equívocos (González-Andrés, 2001). Tradicionalmente los distintos cultivares en frutales se han venido identificando por sus características fenotípicas y, generalmente se priorizan, aquellas que interesan más, desde el punto de vista agronómico y las que las experiencias indican que son más estables, haciendo referencia al porte y vigor; morfología de ramas, flores, hojas, frutos y semillas; época de floración y maduración; calidad del fruto; resistencia/sensibilidad a plagas y enfermedades. La definición de una metodología adecuada de identificación es importante en la mejora genética, para los organismos oficiales en el registro de nuevos cultivares, para el obtentor en la plena identificación y protección y para el fruticultor en la certeza del cultivar que desea utilizar (Royo-Díaz *et al.* 1994). Bookstein (1982) consideró a la morfometría como la fusión de la geometría de órganos vegetales con la biología, cuyos métodos deben, explícitamente, tomar conocimiento de dos fuentes de información totalmente distintas -la geométrica (locación) y la biológica (homología). Por otro lado, González-Andrés (2001) señala que la caracterización morfológica de un vegetal puede estar basada en caracteres cualitativos o cuantitativos, dentro de los cuantitativos, los que consisten en medidas reciben el nombre de morfométricos. Este último concepto de morfometría es el que se utiliza en el presente estudio.

En el chirimoyo, la caracterización de cultivares se ha basado, principalmente, en caracteres morfológicos de interés agronómico del fruto (Irazazabal, 1985; Farré-Massip y Hermoso-González, 1986; Scheldeman *et al.*, 1999) y no se ha evaluado la utilidad de los caracteres cuantitativos (morfométricos) de la hoja de esta especie para caracterizar e identificar cultivares, cuya metodología ha sido probada con hojas de otras especies de frutales, tales como *Vitis vinifera* (Montero *et al.*, 1999; Carrión *et al.*, 2003) y para esclarecer las relaciones taxonómicas entre especies del género *Malmea* (Annonaceae) (Chatrou, 1996). Actualmente con los programas de análisis de imagen, se pueden realizar una serie de mediciones morfométricas de forma rápida, precisa y fácil, cuyos datos obtenidos pueden ser analizados estadísticamente, según sus propósitos. La hoja simple y de borde entero en el chirimoyo facilita más estas tareas. Por lo anterior el objetivo de la presente investigación fue caracterizar mediante variables cuantitativos y morfométricos, basados en las medidas

de forma y tamaño de la hoja, algunas selecciones y cultivares del chirimoyo y validar la utilidad de la morfometría foliar para estudiar la diversidad fenotípica del chirimoyo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y condiciones de cultivo

La mayor parte de las hojas utilizadas en el estudio se obtuvieron de árboles establecidos en el Banco de Germoplasma de la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S. C., localizado en Coatepec Harinas, Estado de México (18° 46' 38" N, 99° 46' 38" O, 2,240 m de altitud). La temperatura media anual de esta población es de 16 °C, y la precipitación media anual de 1,100 mm. Otras accesiones se colectaron en plantaciones de productores de Jujacato, Carapan y Tingambato (Michoacán, México), cuyas coordenadas geográficas se ubican entre 19° 26' a 19° 51' N, 101° 49' a 102° 22' O, 1,900 a 2,198 m. La precipitación varía de 1,300 a 1,800 mm anuales, en tanto que la temperatura media anual es de 19.9 °C (Andrés-Agustín, 1997).

CUADRO 1. Selecciones y cultivares de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) que formaron parte del estudio de caracterización morfométrica.

Cultivar / Selección (S) ^Z	Ubicación de la Parcela	País Donde se Registró	Principales Características del Fruto	Referencia
'Campa'	CICTAMEX ^y	España	Fruto con piel umbonada. Peso promedio de 235 g	Pascual <i>et al.</i> (1993)
S-266	CICTAMEX	México	Fruto con piel umbonada y peso de fruto de 823 g	Nicolás <i>et al.</i> (1996)
S-256	CICTAMEX	México	Fruto con piel lisa y peso promedio de 648 g	Nicolás <i>et al.</i> (1996)
'Burtons'	CICTAMEX	Nueva Zelanda	Fruto con piel umbonada con peso promedio de 664.40 g	Schroeder (1997)
S-9651	CICTAMEX	México	Fruto con piel umbonada y peso promedio de 508 g	Andrés-Agustín (1997)
'White'	CICTAMEX	EUA	Fruto con piel entre impresa y tuberculada. Peso promedio de 672 g	Ellstrand y Lee (1987)
S-260	CICTAMEX	México	Fruto con piel mamilada con peso promedio 634 g	Nicolás <i>et al.</i> (1996)
S-196	CICTAMEX	México	Fruto de piel mamilada con peso de 614 g	Nicolás <i>et al.</i> (1996)
'Cortés II 31'	Jujacato	México	Fruto con piel mamilada. Peso promedio de 799.53 g	Andrés-Agustín (1997)
S-Selene	Tingambato	México	Fruto con piel de tipo impreso. con peso promedio de 807 g	Andrés-Agustín (1997).
S-Carapan	Carapan	México	Fruto con piel impresa y peso promedio de 700 g	Andrés-Agustín (1997)

Cultivar / Selección (S) ^z	Ubicación de la Parcela	País Donde se Registró	Principales Características del Fruto	Referencia
‘Fino de Jete’	CICTAMEX	España	Fruto con piel impresa. Peso promedio de 250 g	Pascual <i>et al.</i> (1993)
‘Bronceada’	CICTAMEX	Chile	Fruto con piel impresa-tuberculada. Peso entre 600-1300 g	Gardiazabal y Rosenberg (1993).
‘Cumbe’	CICTAMEX	Perú	Fruto con piel impresa	No publicado
‘Bays’	CICTAMEX	EUA	Fruto con piel impresa	Rahman <i>et al.</i> (1998).
‘Concha lisa’	CICTAMEX	Chile	Fruto con piel impresa	Gardiazabal y Rosenberg (1993).
‘Chiuna 3’	CICTAMEX	Chile	Fruto con piel impresa	No publicado

^z Selección de genotipo criollo ;³ Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX.S.C. Coatepec Harinas, Edo.de México.

Muestreo de hojas, caracteres evaluados y análisis de datos

Para la caracterización morfométrica se siguió el siguiente procedimiento: 1) definición de las OTU (Operational Taxonomic Unit, en español Unidad Taxonómica Operativa), que correspondieron a las hojas de 17 individuos estudiados; 2) muestreo, 3) elección de los caracteres (Figura 1 y Cuadro 2); 4) toma de datos correspondientes a cada carácter en las OTU; 5) análisis de datos mediante correlaciones y componentes principales.

El muestreo de las hojas con pecíolo se hizo en el mes de noviembre (2002) de árboles de tres años de injertados; el número de hojas por cultivar fue de nueve, utilizando aquellas más maduras ubicadas en la posición 8^a o 9^a posición en la rama de crecimiento del año 2002. Los datos correspondientes a cada carácter de este órgano de los diferentes cultivares o selecciones, se separó el pecíolo del limbo y se digitalizaron por separado ambas estructuras en un “escáner”, y con el Programa Image Tool Ver. 2.1 (Wilcox *et al.*, 2002) se midieron los caracteres evaluados (Cuadro 2 y Figura 1).

CUADRO 2. Caracteres morfométricos básicos evaluados en hoja de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.)

Carácter	Abreviación	Tipo de medición
Área del limbo (cm ²)	AL	Automática
Perímetro del limbo (cm)	P	Automática
Índice de redondez del limbo [(4 π área)/perímetro ²]	IR	Automática
Longitud del pecíolo (cm)	LP	Manual
Ángulo de la quinta vena de la base al ápice (°)	AV	Manual
Ángulo apical (°)	AA	Manual
Eje longitudinal del limbo (cm)	EL	Automática

Carácter	Abreviación	Tipo de medición
Eje radial del limbo (cm)	ER	Automática
Número de venas secundarias del lóbulo derecho (envés)	NVSD	Manual
Número de venas secundarias. del lado izquierdo (envés)	NVSI	Manual

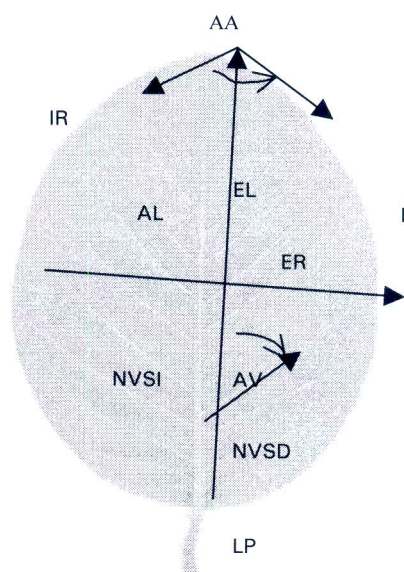


Figura 1. Hoja típica de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) con la descripción de los caracteres evaluados. AL: área del limbo; P: perímetro; IR: índice de redondez; LP: longitud del pecíolo; AV: ángulo de la quinta vena; AA: ángulo apical; EL: eje longitudinal; ER: eje radial; NVSD: número de venas secundarias del lóbulo derecho; NVSI: número de venas secundarias del lóbulo izquierdo.

Con las evaluaciones anteriores se obtuvo la primera matriz básica de datos (MBD) basada en los promedios, de la que se obtuvo un análisis de correlación de Pearson entre caracteres, y se cuantificaron aquellos caracteres altamente correlacionados ($P \leq 0.01$). Se obtuvo una nueva MBD, que se sometió a análisis de componentes principales siguiendo el procedimiento: estandarización de datos para reducir los efectos de diferentes escalas de medición, restando a cada valor el promedio de cada carácter y dividiendo el resultado por la desviación estándar del mismo; cálculo de una matriz de similitud y disimilitud entre OTU basada en el coeficiente de distancia taxonómica media que es la recomendada para los caracteres cuantitativos (González-Andrés, 2001), la respectiva proyección de las OTU en un diagrama bidimensional; finalmente se realizó el agrupación de las OTU mediante el

método UPGMA (“Unweighted pair-group method using arithmetic averages” Media aritmética no ponderada). Todos los análisis estadísticos de componentes principales y de agrupamiento se llevaron a cabo con el programa NSTYS-pc ver. 2.1 (Rohlf, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de correlación

Con el análisis de correlación de los 10 caracteres morfométricos evaluados de la hoja del chirimoyo, se encontró que el área del limbo (AL), el perímetro de la lámina (P), la longitud del pecíolo (LP) y el eje longitudinal (EL), fueron las variables que tuvieron mayores correlaciones con un nivel altamente significativo ($P \leq 0.01$), mostrando su dependencia, nada deseable para ser un buen descriptor al detectar o describir el mismo tipo de información (Cuadro 3). Estos resultados coinciden con los obtenidos en hojas de vid (*Vitis vinifera* cv. Grenache) por Manivel y Weaver (1974), donde la longitud y anchura de la hoja y la longitud del pecíolo tuvieron alta correlación con el área foliar.

CUADRO 3. Coeficiente de correlación de Pearson entre los 10 caracteres inicialmente considerados en el estudio de hoja de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.).

CARÁCTER	C A R A C T E R E S								
	AL	P	IR	LP	AV	AA	EL	ER	NVSD
P	0.968**								
ID	-0.031 ^{NS}	-0.229**							
LP	0.358**	0.349**	0.109 ^{NS}						
AV	-0.367**	-0.352**	-0.009 ^{NS}	-0.283**					
AA	0.059 ^{NS}	-0.033 ^{NS}	0.461**	0.106 ^{NS}	0.063 ^{NS}				
EL	0.960**	0.965**	-0.103 ^{NS}	0.387**	-0.434**	-0.088 ^{NS}			
ER	0.333**	0.325**	0.049 ^{NS}	0.190 ^{NS}	-0.207**	0.182*	0.312**		
NVSD	0.370**	0.383**	-0.076 ^{NS}	-0.004 ^{NS}	-0.203*	-0.029 ^{NS}	0.422**	0.115 ^{NS}	
NVSI	0.376**	0.381**	-0.057 ^{NS}	0.019 ^{NS}	-0.185*	0.023 ^{NS}	0.385**	0.188*	0.677 ^{NS}

^{NS}., no significativo; *, significativo a una $P \leq 0.05$; significativo a una $P \leq 0.01$.

AL: área del limbo; P: perímetro; IR: índice de redondez; LP: longitud del pecíolo; AV: ángulo de la quinta vena; AA: ángulo apical; EL: eje longitudinal; ER: eje radial; NVSD: número de venas secundarias en el lóbulo derecho de la hoja; NVSI: número de venas secundarias en el lóbulo izquierdo de la hoja.

Los caracteres altamente correlacionados, tales como perímetro (P), número de venas secundarias del lóbulo izquierdo (NVSI), ángulo apical (AA) y eje radial (ER) se eliminaron para construir una matriz con caracteres no correlacionados, en tanto que las variables eje radial (ER) y eje longitudinal (EL) se relacionaron en ER/EL, utilizando solo seis variables

en el estudio. Para reducir el número de caracteres, se tomó el criterio de seleccionar aquellos que aportaran más variabilidad, fáciles de medir y que aportaran un dato con un sentido biológico. Con estas nuevas variables se construyó una nueva matriz básica de datos (MBD) (Cuadro 4).

CUADRO 4. Matriz básica de datos morfométricos promedios seleccionados de la hoja del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.), obtenida a partir del análisis de correlación

ACCESIONES	AL (cm ²)	IR	LP (cm)	AV	ER/EL	NVD
'Campas'	128.19	0.76	1.77	67.60	0.5913	13
S – 266	115.41	0.78	1.51	66.60	0.7000	13
S – 256	103.46	0.74	1.76	68.97	0.6877	13
'Burtons'	153.11	0.68	2.13	55.86	0.5772	13
S – 9651	117.64	0.71	2.06	59.13	0.6419	13
'White'	191.83	0.68	1.66	64.27	0.6575	14
S – 260	88.10	0.73	1.38	63.88	0.6159	15
S – 196	104.80	0.70	1.49	66.53	0.6638	14
S-Cortés II 31	148.96	0.74	1.91	65.12	0.5945	14
S-Selene	174.87	0.77	2.53	62.12	0.5935	15
S-Carapan	154.17	0.78	1.98	54.50	0.5974	14
'Fino de Jete'	161.02	0.80	2.04	64.22	1.0929	15
'Bronceada'	211.21	0.73	1.39	59.86	0.5806	16
'Cumbe'	172.55	0.72	1.52	56.82	0.5688	15
'Bays'	340.97	0.73	2.13	51.24	0.6025	16
'Concha Lisa'	246.94	0.77	1.99	55.29	0.6396	14
'Chiuna 3'	253.63	0.73	2.01	63.77	0.6682	14

AL: área del limbo; IR: índice de redondez; LP: longitud del peciolo; AV: ángulo de la quinta vena; ER/EL: relación eje radial/eje longitudinal; NVSD: número de venas secundarias en el lóbulo derecho de la hoja.

A partir de esta nueva matriz MBD, que solo incluyó caracteres no correlacionados y algunos relacionados, se realizó un segundo análisis de correlación entre caracteres (Cuadro 5); en este caso, los caracteres correlacionados fueron el área del limbo (AL) con el ángulo de la quinta vena (AV) pero se creyó conveniente no eliminar esta última variable como descriptor por aportar un valor diferente al de las otras; el resto de los caracteres ya no presentan correlación, por lo que fueron los caracteres definitivos para el estudio. En consecuencia el conjunto de caracteres seleccionados es amplio para una hoja sencilla como es la del chirimoyo, y presentan un buen nivel de independencia.

CUADRO 5. Correlación de Pearson entre los caracteres de hoja de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.), después de eliminar variables correlacionadas y generar otra en forma de relación.

CARÁCTER	AL	IR	LP	AV	ER/EL
IR	-0.0023 ^{NS}				
LP	0.3638 ^{NS}	0.2259 ^{NS}			
AV	-0.6181**	0.0856 ^{NS}	-0.3495 ^{NS}		
ER/EL	-0.095 ^{NS}	0.4403 ^{NS}	0.0828 ^{NS}	0.2992 ^{NS}	
NVSD	0.5444*	0.0977 ^{NS}	-0.0460 ^{NS}	-0.3938 ^{NS}	0.0391 ^{NS}

^{NS}, no significativo; * **significativo a una $P \leq 0.05$** ; **significativo a una $P \leq 0.01$.

AL: área del limbo; IR: índice de redondez; LP: longitud del peciolo; AV: ángulo de la quinta vena. ER/EL: relación eje radial/ eje longitudinal; NVSD: número de venas en el lóbulo derecho de la hoja.

Análisis de componentes principales

Los Eigen valores indicaron que el primer componente principal, aporta el 37.19 % de la variabilidad total para los individuos analizados, el segundo componente principal un 25.94 %, y el tercero, un 16.86 %. Esto significa que la combinación lineal de las variables originales representadas por los tres primeros componentes incluye el 80 % de la variación total del conjunto de datos, mientras que si sólo se toman en consideración los componentes 1 y 2, se logra reunir el 63.13 % de la totalidad de la variabilidad existente. Por tanto, el 80 % de la variabilidad total de los tres componentes principales es suficiente para explicar la variabilidad de los individuos a través de los seis caracteres de la hoja evaluadas (Cuadro 6).

CUADRO 6. Eigen valores, porcentaje absoluto y acumulado de la varianza para los componentes principales en el estudio de hoja de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.)

Componente Principal	Valor propio (Eigen valores)	Porcentaje de varianza (%)	Varianza acumulada (%)
1	2.2316	37.19	37.19
2	1.5565	25.94	63.13
3	1.0119	16.86	80.00
4	0.2557	9.21	89.21
5	0.3413	5.68	94.90
6	0.3058	5.09	100.00

De acuerdo con los Eigen vectores la variable que mayor aporte tuvo en el primer Componente Principal fue el área foliar (AL; 0.88) y en segundo lugar el ángulo de la quinta vena (AV; -0.85). El segundo componente principal, se forma principalmente por el índice de redondez (IR; 0.83), seguido por la relación eje radial/eje longitudinal de la lámina (ER/EL; 0.80); ambos caracteres indican la forma de la hoja. El tercer Componente

Principal está compuesto principalmente por la variable longitud de pecíolo (LP; -0.69), seguido del número de venas secundarias del lóbulo derecho (NVSD; 0.66).

De acuerdo con estos resultados, las hojas de las selecciones y cultivares de chirimoyo analizadas, se diferencian principalmente por el área foliar, índice de redondez y la longitud de pecíolo, que puede indicar que estas variables son las más estables en hoja y que aportan la mayor variabilidad de este órgano y esta especie. El área foliar mide el tamaño de hoja, el índice de redondez, la forma, en tanto que la longitud de pecíolo mide también el tamaño ya que correlaciona positivamente con el área foliar. Con estos tres caracteres, la hoja del chirimoyo puede ser caracterizada para fines de identidad de selecciones y cultivares. El análisis de Componentes Principales, por tanto, cumple el objetivo de seleccionar los caracteres que mejor describen la variabilidad morfológica de la hoja y por ello los mejores descriptores para este órgano vegetal (Cuadro 7).

CUADRO 7. Eigen vectores de los primeros tres componentes principales en el estudio de hoja de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.). En negritas eigen vectores con mayor valor (absoluto)

Variable	Componente principal			
	1	2	3	4
AF	0.8824	0.0628	0.0715	0.1391
IR	-0.0063	0.8368	0.0083	-0.5422
LP	0.4772	0.4205	-0.6975	0.1810
AV	-0.8571	0.1542	0.1336	0.1278
ER/EL	-0.2202	0.8026	0.2536	0.4361
NVSD	0.6649	0.0873	0.6619	-0.0104

AL: área del limbo; IR: índice de redondez; LP: longitud del pecíolo; AV: ángulo de la quinta vena;

AA: ángulo apical del limbo; ER/EL: relación eje radial/eje longitudinal; NVSD: número de venas en el lóbulo derecho de la hoja.

El diagrama bidimensional representa la proyección de los cultivares sobre los Componentes Principales 1 y 2 (Figura 2). Acorde con el análisis de Componentes Principales en el plano se pueden reunir seis grupos. Destacan en la proyección el cv. Bays que se separa por el primer componente con las variables de área del limbo y el ángulo de la quinta nervadura (máxima área foliar y el menor ángulo). En el segundo componente destaca el cv Fino de Jete que se separa del resto por las variables, índice de redondez y la relación eje radial/eje longitudinal de la lámina (factores de forma, la hoja más redonda). Las demás accesiones se ubican en cuatro grupos en el centro de la proyección, ubicando a los grupos por medio de los cuadrantes, lo que responde a la proyección de los dos primeros componentes principales, lo que indica la disimilitud en la morfología foliar dentro de los grupos

proyectados de selecciones y cultivares (Figura 2).

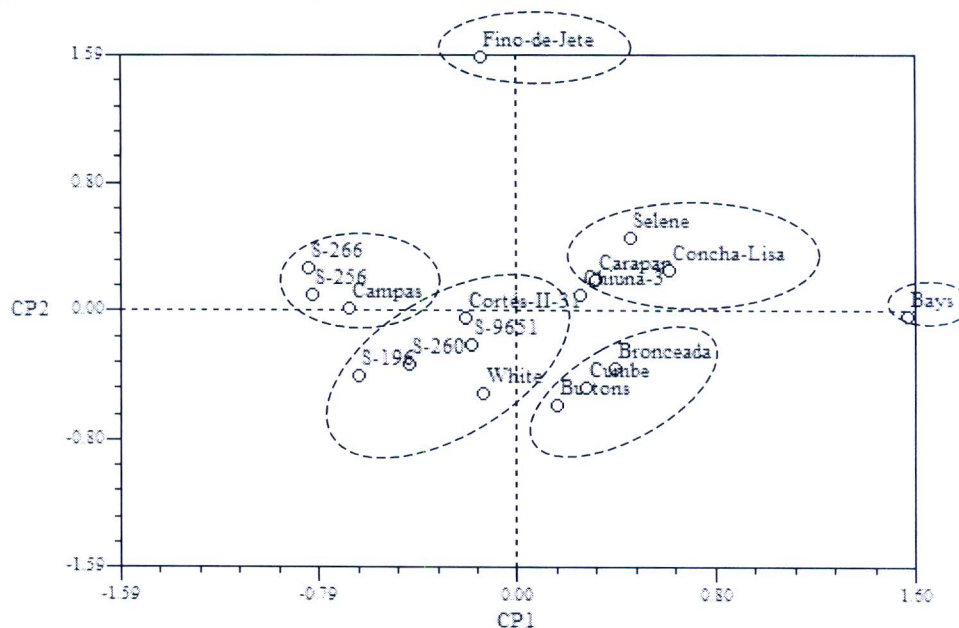


FIGURA 2. Diagrama bidimensional para datos de hoja, que muestra la proyección de las selecciones y cultivares de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) sobre los dos primeros Componentes Principales: CP1: componente principal 1 donde área foliar y ángulo de la quinta vena tienen una mayor contribución; CP2: componente principal 2 donde el índice de redondez y la relación eje radial/eje longitudinal tiene una mayor contribución.

Análisis de agrupamiento

En general la agrupación (Figura 3) coincidió con los grupos proyectados por los Componentes Principales 1 y 2 obtenidos en el diagrama bidimensional (Figura 2).

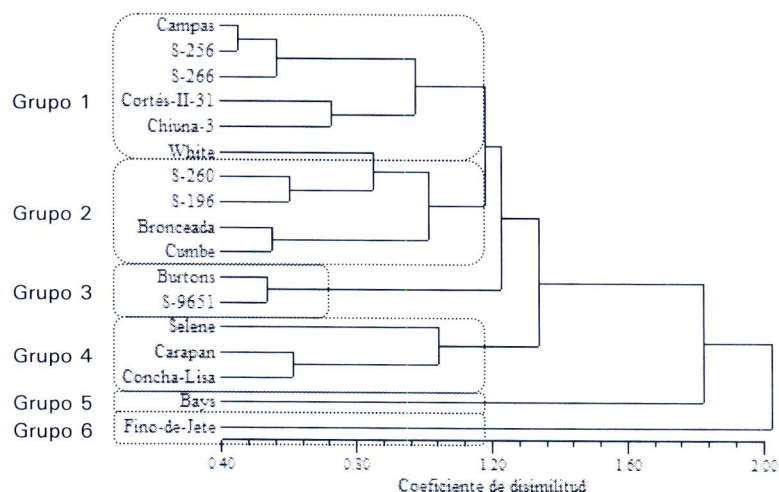


Figura 3. Dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento con el método UPGMA para los caracteres morfométricos de hoja, de 17 selecciones y cultivares de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.).

Después de la obtención de los grupos, se concentraron los datos promedio de las variables evaluadas por cada grupo formado en el dendrograma; esto permite definir las principales homologías y diferencias entre caracteres de cada grupo que en algunos de ellos se trata de un solo cultivar como es el caso de ‘Bays’ (Grupo 5) y ‘Fino de Jete’ (Grupo 6) (Cuadro 5).

CUADRO 5. Valores promedios de caracteres morfométricos de hoja por grupo de OTU de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.), generado del análisis de agrupamiento y corroborado por el dendrograma

GRUPO	AL	IR	LP	AV	ER / EL	NVSD
1	149.93	0.75	1.79	66.41	0.65	13.27
2	153.70	0.71	1.49	62.27	0.62	14.80
3	135.38	0.69	2.10	57.49	0.61	13.00
4	191.99	0.77	2.17	57.30	0.61	14.33
5	340.97	0.73	2.13	51.24	0.60	16.00
6	161.02	0.80	2.04	64.22	1.09	15.00

AL: área del limbo; IR: índice de redondez; LP: longitud del pecíolo; AV: ángulo de la quinta vena; AA: ángulo apical del limbo; ER/EL: relación eje radial/eje longitudinal; NVSD: número de venas secundarias en el lóbulo derecho de la hoja.

En el dendrograma (Figura 3) y en los datos promedio (Cuadro 5) se observó que el grupo 1 se ubica en el nivel de disimilitud de 0.96 de los que se encuentran el cv. Campas y las selecciones 256, 266, Cortés II-31 y ‘Chiuna 3’, que se caracterizan por tener el mayor ángulo de la quinta vena (AV). El grupo dos se une a la distancia de 1.02, formado por los cvs. White, Bronceada y Cumbe y las selecciones 260 y 196, mismos que se caracterizan por tener la menor longitud de pecíolo (LP). El grupo 3 se encuentra a una distancia de 1.22, formado por el cv. Burtons y la selección 96-51 y su principal característica es la de tener el menor área del limbo (AL), índice de redondez (IR) y el menor número de venas secundarias (NVSD), lo que indica que se trata de la hoja más pequeña entre todos los grupos. El grupo 4 se ubica en una distancia de disimilitud de 1.34 y se encuentra integrado por las selecciones Selene y Carapan y el cv. Concha Lisa, caracterizándose principalmente por la mayor longitud de pecíolo. El grupo 5 se une a la distancia de 1.82 y solamente estuvo formado por el cv. Bays, el cual se caracteriza fundamentalmente por tener el mayor área del limbo (AL), número de nervaduras (NVSD), contrariamente por el menor ángulo de la quinta vena (AV) y la menor relación del eje radial/eje longitudinal (ER/EL). El grupo 6 se encuentra a una distancia de 2.03 y se integra solamente por el cv. Fino de Jete, el cual presenta los valores más altos de índice de redondez (IR) y la relación eje radial/eje longitudinal (ER/EL), ambos caracteres indican hoja redonda.

Los grupos formados de las OTU como resultado del análisis, muestra el nivel de disimilitud con base en los coeficientes de distancia taxonómica media (DIST de NTSYS), agrupando a los individuos similares con base en los caracteres morfométricos o cuantitativas de la hoja, cuya explicación biológica es la divergencia genética en interacción con el efecto ambiental, que se manifiesta sobre la morfología de la hoja.

Los resultados obtenidos en la morfometría coinciden con los obtenidos por Alavez-López (1997) en la región de Coatepec Harinas, Edo. de México, quien al caracterizar genotipos provenientes de semilla validó el uso del área foliar y longitud de la hoja, entre otros caracteres hortícolas del chirimoyo, para diferenciar genotipos derivados de semilla. Así mismo, Montero *et al.* (1999) concluyeron que la caracterización e identificación de cultivares de *Vitis vinifera* L. es posible con evaluaciones morfométricas de hoja, específicamente con la relación longitud máxima/anchura máxima, índice de redondez del limbo y la superficie foliar, aunque señala que para una caracterización total se debe completar el proceso con determinaciones cuantitativas, así como con estudios iso enzimáticos. Los mismos autores señalaron las ventajas del método de análisis de imagen frente a otras técnicas, lo que en este estudio también se corrobora, por permitir incrementar la cantidad de datos procesados, reduce el error experimental, reduce el grado de subjetividad, requiere poco tiempo, se conserva el archivo de imágenes y se puede posponer el análisis de las hojas una vez digitalizadas a una fecha posterior. Carrión *et al.* (2003) descartaron el efecto de manejo sobre la morfometría de la hoja de vid y explica que la fuente de la variabilidad, evaluada mediante Componentes Principales, es debida a los caracteres de área, longitud y anchura de la hoja y la relación de las estas dos últimas, así como la longitud de la nervadura, longitud del diente de la hoja. Señalaron también que la fuente de variación puede deberse a factores ambientales y genéticos, lo que se puede comprobar por estudios de marcadores moleculares.

Al analizar la conveniencia de utilizar caracteres de la hoja para los descriptores de chirimoyo, es preciso considerar que la variabilidad genética en este cultivo es muy alta, la cual ha sido estudiada principalmente por iso enzimas para fines de identidad de cultivares (Ellstrand y Lee, 1987; Pascual *et al.*, 1993) y por AFLP (Rahman *et al.*, 1998), cuya

diversidad genética puede ser producto de la evolución de la especie, la domesticación y el mejoramiento genético (Van, 1995), más específicamente por su naturaleza hermafrodita y dicogamia protogínica y la propagación por semilla (George, 1984).

Aunque los marcadores moleculares son importantes, los caracteres morfológicos han sido y son de gran interés, y hoy por hoy son los únicos reconocidos por el Reglamento Técnico de Control y Certificación de Plantas de Vivero (Royo-Díaz *et al.*, 1994). La Guía Técnica para la Descripción Varietal del chirimoyo, elaborada recientemente por el Servicio Nacional para Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), reconoce como descriptores de hoja a la mayoría de las variables cuantitativas evaluadas: forma, tamaño y color de la lámina foliar, longitud y grosor del pecíolo y la ondulación del margen de la lámina foliar. Con los resultados obtenidos en el presente estudio se corrobora la utilidad de la mayoría de los mencionados caracteres cuantitativos para fines de diferenciación e identificación de cultivares del chirimoyo, estableciéndose la importancia de cada una de ellas.

CONCLUSIONES

1. Los caracteres morfométricos que más aportaron en la caracterización de hoja de las diferentes selecciones y cultivares de chirimoyo, fueron los siguientes: área del limbo, índice de redondez, longitud del pecíolo, ángulo de la quinta vena, relación eje longitudinal/eje radial y número de venas secundarias (lado derecho o izquierdo del envés).
2. Con el análisis de componentes principales se corroboró que son los mismos caracteres morfométricos de la hoja que contribuyeron en la diferenciación de las selecciones y cultivares, el área del limbo y ángulo de la quinta vena (primer componente principal), índice de redondez y la relación eje radial/eje longitudinal (segundo componente), longitud del pecíolo y número de venas secundarias (tercer componente), lo que indica que existe variabilidad morfológica en la hoja de la especie, útil para diferenciar cultivares, y en consecuencia para elaborar descriptores.

LITERATURA CITADA

- ALAVEZ-LÓPEZ, M. J.; CRUZ-CASTILLO, J. G.; MARROQUÍN-ANDRADE, L. M.; RUBÍ-ARRIAGA, M. 2000. Caracterización hortícola de árboles de chirimoyo *in situ* Revista Chapingo Serie Horticultura 6(2): 179-193.
- ANDRÉS-AGUSTÍN, J. 1997. El cultivo del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) en el estado de Michoacán, México. Proc. Amer. Soc. Trop. Hort. 41: 152-161.
- BOOKSTEIN, F. L. 1982. Foundations of morphometrics. Ann. Rev. Ecol. Sys. 13: 451-70.
- CARRIÓN, M. E.; MONTERO, F. J.; BOTELLA, O.; COPETE, M. L. 2003. Identificación del material vegetal vitícola bajo distintos sistemas de cultivo en Castilla-La Mancha. Actas de Horticultura Núm. 39. X Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Pontevedra, España. pp. 447-449.
- CHATROU, L. W. 1996. Studies in Annonaceae XXVIII. Macromorphological variation of recent invaders in Northern Central América: The case of *Malmea* (Annonaceae), pp. 85-101. In: Changing Genera: Systematic Studies in Neotropical and West African Annonaceae.
- CHATROU, L. W. (ed.). Utrecht University, Heidelberglaan, Utrecht. The Netherlands.
- ELLSTRAND, N. C; LEE, J. M. 1987. Cultivar identification of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) using isozyme markers. Scientia Horticulturae 32: 25-31.
- FARRÉ-MASSIP, J. M.; HERMOSO-GONZÁLEZ, J. M. 1986. El chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) criterios para una identificación de cultivares. Fruticultura Profesional 3: 2-4.
- GARDIAZABAL, I. F.; ROSENBERG, M. G. 1993. El Cultivo del Chirimoyo. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile. pp. 29-53.
- GEORGE, A. P. 1984. Annonaceae, pp. 35-41. In: Tropical Tree Fruits for Australia. PAGE, P.E. (ed.). Department of Primary Industries. Queensland, Australia.
- GONZÁLES-ANDRÉS, F. 2001. La caracterización morfológica, pp. 199-217. In: Conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos. GONZÁLEZ-ANDRÉS, F; Pita-Villamil, M. J. (eds.). I.N.E.A. Valladolid, España.
- IBAR-ALBIÑANA, L. 1979. El chirimoyo, pp. 121-144. In: Aguacate, Chirimoyo, Mango, Papaya. Editorial AEDOS. Barcelona, España.

- IRAZAZABAL, P. 1985. Descripción pomológica de una colección de cultivares de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). Estación Experimental "La Mayora". Algarrobo (Costa), Málaga, España. 61 p.
- MANIVEL, L.; WEAVER, R. J. 1974. Biometric correlations between leaf area and length measurements of 'Grenache' grape leaves. *HortScience* 9: 27-28.
- MONTERO, F. J.; DE JUAN, J. A.; CUESTA, A. 1999. Contribución al estudio morfométrico y morfológico de la hoja de *Vitis vinifera* L., Memoria del VIII Congreso Nacional de las Ciencias Hortícolas. Murcia, España. pp. 44-49.
- MORTON, J. F. 1987. Fruits of Warm Climates. Media Incorporated, Greensboro, N. C., USA. pp. 65-90.
- NICOLÁS-CRUZ, M.; RUBÍ-ARRIAGA, M.; CRUZ-CASTILLO, J. G. 1996. Exploración y colección de fenotipos sobresalientes de chirimoya. Memoria Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S. C. Rubí A. M. (ed.). Coatepec Harinas, México. pp. 59-66.
- PASCUAL, L.; PERFECTTI, F.; GUTIÉRREZ, M.; VARGAS, A. M. 1993. Characterizing isozymes of spanish cherimoya cultivars. *HortScience* 28(8): 845-847
- POPENOE, W. 1920. The native home of the cherimoya. *Journal of Heredity* 12(7): 336-339.
- RAHMAN, S. M. M.; SHIMADA, T.; YAMAMOTO, T.; YONEMOTO, J. Y.; YOSHIDA, M. 1998. Genetic diversity of cherimoya cultivars revealed by amplified fragment length polymorphism (AFLP) analysis. *Breeding Science* 48: 5-10.
- RHOLF, F.J. 2000. NTSYS pc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Version 2.1. Exeter Software, New York, USA.
- ROYO-DÍAZ, J. B.; MIRANDA-ORELLA, S.; CACHORRO, A.; GONZÁLEZ-LA TORRE, J. 1994. Identificación varietal en árboles frutales. *Métodos aplicables. Fruticultura Profesional* 65: 30-37.
- SAFFORD, W. E. 1914. Classification of the genus *Annona*, with descriptions of new and imperfectly known species. *Contributions U. S. National Herbarium* 18:1-68.
- SCHELDEMAN, X.; UREÑA V.; VAN DAMME, P. 1999. Colección y caracterización de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en la Provincia de Loja, Sur de Ecuador. *Acta Horticulturae* 497: 153-172.

- SCHROEDER, C. A. 1997. Botany, pp. 2-10. *In*: Cherimoya Handbook. California Cherimoya Association (ed.). Department of Botany. University of California. Los Angeles, CA., USA.
- VAN, H. J. L. 1995. Hierarchical approaches to the analysis of genetic diversity in crop Plants, pp. 23-34. *In*: Core Collections in Plant Genetic Resources. Hodgkin, T.; Brown, A.H.D. van Hintum, Th. J. L.; Morales, E. A. V. (eds.). International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Published by John Wiley & Sons. Baffins Lane, Chichester. U.K.
- WILCOX, C. D.; DOVE, S. B.; McDAVID, W. D.; GREER, D. B. 2002. UTHSCSA. Image Tool Ver. 2.0. University of Texas Health Science Center. San Antonio, Texas, USA. 56 p.

III. VARIACIÓN MORFOMÉTRICA DE ÓRGANOS EN SELECCIONES Y CULTIVARES DE CHIRIMOYO (*Annona cherimola* Mill.).

VARIACIÓN MORFOMÉTRICA DE ÓRGANOS EN SELECCIONES Y CULTIVARES DE CHIRIMOYO (*Annona cherimola* Mill.)

J. Andrés-Agustín¹; R. Nieto-Ángel²; A. F. Barrientos-Priego²; M. T. Martínez-Damián²; F. González-Andrés³; S. D. Segura-Ledesma²; J. G. Cruz-Castillo⁴

¹CRUCO-Universidad Autónoma Chapingo. Av. Periférico Independencia Pte. No.1000. C.P. 58000. Morelia, Michoacán, MÉXICO.correo-e: jandres5@hotmail.com

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México, MÉXICO

³Departamento de Ingeniería Agraria, Universidad de León, León, España.

⁴CRUCO-Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Veracruz, MÉXICO

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de caracterizar, desde el punto de vista morfométrico, la hoja, flor, fruto y semilla de algunas selecciones y cultivares de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en México, y agrupar genotipos de acuerdo a la similitud de características proporcionadas por estos órganos, e identificar a los caracteres con mayor influencia en la discriminación de esta especie y paralelamente, definir los mejores descriptores de la especie con fines de identidad y registro de nuevas selecciones y cultivares. Se utilizaron 11 accesiones (ocho selecciones y tres cultivares). Inicialmente se eligieron 45 caracteres de los cuatro órganos en estudio, que tras un análisis de correlación, se redujeron a 29, eliminando aquellos altamente correlacionados desde el punto de vista estadístico, y seleccionando las menos variables dentro del genotipo. De los 29 caracteres evaluados, siete fueron de hoja, nueve de flor, tres de semilla y 10 de fruto. Los datos de hoja, flor y semilla se obtuvieron mediante un analizador de imágenes previamente digitalizadas, en tanto que los de fruto se obtuvieron mediante instrumentación manual. El análisis estadístico se hizo mediante el análisis de componentes principales (ACP), obteniendo que los caracteres más discriminantes fueron: área de sépalo, sólidos solubles totales y peso del fruto (primer componente); relación eje radial/eje longitudinal de la semilla, área de la sección del pétalo y ángulo de la quinta vena del limbo (segundo componente); ángulo apical, índice de redondez de hoja y resistencia de la cáscara al penetrómetro (tercer componente). Además, se llevó a cabo un análisis de agrupamientos que definió cuatro grupos de selecciones y cultivares congruentes con los que se obtuvieron en el ACP, lo que muestra la variación morfológica de las accesiones y la utilidad de los

caracteres seleccionados para diferenciar las accesiones estudiadas. Se definieron fundamentalmente cuatro grupos: uno estuvo formado por los cvs. Burtons, White y la selección 9651, otro por las selecciones S-256, S196, S-260, S-266, un tercero por las selecciones Selene y Carapan y un cuarto por los cvs. Campas y Cortés II 31. Algunos cultivares de Estados Unidos y España se agruparon con las selecciones mexicanas, lo que induce a pensar que pueden tener el mismo centro de origen.

PALABRAS CLAVE: *Annonaceae*, caracterización, taxonomía numérica, descriptores.

ABSTRACT

MORPHOMETRICAL VARIATION OF ORGANS IN CHIRIMOYA SELECTIONS AND CULTIVARS (*Annona cherimola* Mill.)

A morphometrical characterization was developed in organs: leaf, flower, seed and fruit of some selections and cultivars of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) in México, with the aim to group genotypes according to the morphological characteristics similarity provided by these organs, selecting the best characters to discriminate and to identify new selections and cultivars. Eleven genotypes were used (eight selections and three cultivars). Initially 45 characters of the four organs were chosen after a correlation analysis, were decreased to 29, eliminating the highly correlated, selecting those with less variability by genotypes. Of the 29 evaluated characters: seven were of leaf, nine of flower, three of seed and 10 of fruit. The leaf data, flower and seed were obtained by an image analyser as those of fruit were obtained by manual instrumentation. The statistical analysis of characters was carried out with principal components analysis (PCA): The PCA showed that the most important characters were: area of sepal, total soluble solids and fruit weight (first component); ratio of radial axis of seed/major axis length of seed, projected section of petal and angle of the fifth vein (second component); apex angle of leaf, leaf roundness and peel resistance of fruit to penetrometer (third component). The cluster analysis was able to differentiate the selections and cultivars in four well defined groups, this indicate the morphometrical variation in organs of cherimoya and the utility of selected characters to differentiate items. Some cultivars of United States of America and Spain grouped with the Mexican selections,

what makes think that these have the same center of origin.

KEY WORDS: *Annonaceae*, characterization, numeric taxonomy, descriptors.

INTRODUCCIÓN

El chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) es una especie que tiene su centro de origen en América (De Candolle, citado por Popenoe, 1920; Safford, 1914), y aunque éste no se conoce con precisión, la mayor diversidad genética corresponde al sur de México, Centroamérica y norte de Sudamérica. La producción en México es en el sistema de huertos de traspatio y su cultivo no se ha extendido debido a la falta de cultivares (Andrés-Agustín, 1997). El chirimoyo es un árbol que varía de 4 a 9 m de altura. El tallo es cilíndrico, de corteza gruesa y lisa, de color verde grisáceo. La forma del árbol es globoso (Popenoe, 1920; Schroeder, 1997a). Las hojas del chirimoyo tienen un comportamiento caduco, de disposición alterna en la rama, simples (una sola lámina foliar), longitud que varía de 10 a 30 cm, de borde sin divisiones, de forma ovada a elíptica (Schroeder, 1997a; Gardiazabal y Rosenberg, 1993). El pecíolo de la hoja es hueco en la zona de inserción con el tallo, ocultando y protegiendo las yemas que darán origen a la próxima brotación, que puede ser de flor o brote vegetativo (Ibár-Albiñana, 1979). La longitud del pecíolo varía de 6.0 a 12.5 mm y ligeramente pubescente (Morton, 1987). La corola consiste de tres pétalos exteriores carnosos que van de aproximadamente 2 a 7 cm en la longitud y adelgazan en la parte terminal y están unidos al receptáculo. En el centro de la flor se encuentra el cono floral que porta los estambres (200 ó más) en la parte superior y los pistilos en la inferior (Schroeder, 1997a). El fruto del chirimoyo es un sincarpio, un tipo específico de estructura de fruto que resulta de la fusión de muchos carpelos individuales unidos al receptáculo central que los agrupa. La cantidad de semillas influye sobre la forma y el tamaño de fruto. Los frutos de chirimoyo son algunas veces clasificados y descritos por su tipo de superficie de la cáscara: lisa, impresa, umbonada, tuberculada y mamilada (Schroeder, 1997a).

La medición de los caracteres cualitativos y cuantitativos de la heredabilidad, o que se transmiten a la descendencia del germoplasma en cualquier ambiente, se conoce como caracterización y permite determinar el grado de similitud entre las accesiones por medio de

su apariencia morfológica o fenotipo y de variabilidad en la colección (Ligarreto, 2003). Al respecto, González-Andrés (2001), señaló que cuando la caracterización morfológica de un vegetal esta basada en caracteres cuantitativos, consisten en medidas y reciben el nombre de morfométricos. Actualmente con los programas de análisis de imágenes, se pueden realizar una serie de mediciones morfométricas de forma rápida, precisa y fácil, cuyos datos obtenidos pueden ser analizados estadísticamente, según sus propósitos. Este último concepto de morfometría y metodología son los que se utilizaron en el presente estudio, cuyo objetivo principal fue caracterizar mediante caracteres cuantitativos (morfométricos) a la hoja, flor, semilla y fruto de algunas selecciones y cultivares del chirimoyo y validar la utilidad de la morfometría de órganos para estudiar la variación fenotípica del chirimoyo y la diferenciación de cultivares, actualmente basada en los caracteres de fruto (Farré-Massip y Hermoso-González, 1986; Rubí-Arriaga et al., 1992; Nicolás *et al.*, 1996; Scheldeman *et al.*, 1999).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las hojas, flores, frutos y las semillas de chirimoyo se tomaron de las selecciones y cultivares establecidos en el Banco de Germoplasma de la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX S. C., localizado en Coatepec, Harinas, Edo. de México (Cuadro 1), cuyas coordenadas geográficas son: 18° 46' 38" de latitud norte y de 99° 46' 38" de longitud oeste. La temperatura media anual de esta población es de 16 °C; la precipitación media anual de 1,100 mm; la altitud de 2,240 m; algunas accesiones que corresponden a las selecciones de esta especie se colectaron de genotipos establecidos en plantaciones de productores de Jujacato, Carapan y Tingambato, Michoacán, México, cuyas coordenadas geográficas se ubican entre 101° 49' a 102° 2.2' de longitud oeste y 19° 26' a 19° 51' de latitud norte; con altitudes que varían de 1,900 a 2,198 m; donde la precipitación varía de 1,300 a 1,800 mm anuales; la temperatura mínima es de 12.5 °C y la máxima de 27.3 °C, en tanto que la media anual es de 19.9 °C (Andrés-Agustín, 1997).

Cuadro 1. Selecciones y cultivares de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) que formaron parte del estudio de caracterización morfométrica.

CULTIVAR / SELECCIÓN (S) ^z	UBICACIÓN DEL SITIO DE MUESTREO	PAÍS DONDE SE REGISTRÓ	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO	REFERENCIA
'Campas'	CICTAMEX ^y	España	Fruto con cáscara umbonada. Peso promedio de 235 g	Pascual <i>et al.</i> (1993)
S-266	CICTAMEX	México	Fruto con cáscara umbonada y peso de fruto de 823 g	Nicolás <i>et al.</i> (1996)
S-256	CICTAMEX	México	Fruto con cáscara lisa y peso promedio de 648 g	Nicolás <i>et al.</i> (1996)
'Burtons'	CICTAMEX	Nueva Zelanda	Fruto con cáscara umbonada con peso promedio de 664.40 g	Schroeder (1997)
S-9651	CICTAMEX	México	Fruto con cáscara umbonada y peso promedio de 508 g	Andrés-Agustín (1997)
'White'	CICTAMEX	EUA	Fruto con cáscara entre impresa y tuberculada. Peso promedio de 672 g	Ellstrand y Lee (1987)
S-260	CICTAMEX	México	Fruto con cáscara mamilada con peso promedio 634 g	Nicolás <i>et al.</i> (1996)
S-196	CICTAMEX	México	Fruto de cáscara mamilada con peso de 614 g	Nicolás <i>et al.</i> (1996)
'Cortés II 31'	Jujacato	México	Fruto con cáscara mamilada. Peso promedio de 799.53 g	Andrés-Agustín (1997)
S-Selene	Tingambato	México	Fruto con cáscara de tipo impreso. con peso promedio de 807 g	Andrés-Agustín (1997).
S-Carapan	Carapan	México	Fruto con cáscara impresa y peso promedio de 700 g	Andrés-Agustín (1997)

^z selección de genotipo criollo

^yFundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, Edo.de México.

Muestreo y caracteres evaluados

Para la caracterización morfométrica se siguió el siguiente procedimiento: 1) definición de las OTU (Operational Taxonomic Unit, en español Unidad Taxonómica Operativa), que correspondieron a los 11 genotipos estudiados; 2) muestreo, 3) elección de los caracteres (Figuras 1 a 4 y Cuadro 2); 4) toma de datos correspondientes a cada carácter en las OTU; 5) análisis de datos mediante análisis de componentes principales (ACP) y análisis de agrupamientos con el programa de cómputo NTSYS-pc ver 2.2 (Rohlf,2000).

El muestreo de las hojas se realizó en el mes de noviembre de 2002 de árboles de tres años de injertados; el número de hojas por cultivar fue de nueve, tomadas de tres árboles en la posición 8^a o 9^a de la rama de crecimiento del año 2002. Las hojas fueron digitalizadas y sobre las respectivas imágenes se realizaron las mediciones con ayuda del programa de análisis de imágenes Image Tool Ver. 3.00 (Wilcox *et al.*, 2002). Se tomaron dos tipos de

medidas: automáticas previa binarización de la imagen captada por el “escáner”, y manuales directamente sobre la imagen, utilizando la opción de medida de distancias y/o de ángulos que permite el programa. Los caracteres determinados en hojas se presentan en el Cuadro 2 y Figura 1. En cuanto a la caracterización en flor se tomaron los caracteres que se presentan en el Cuadro 2 y Figura 2, en 10 flores de tres árboles por accesión. Se separaron las partes de la flor y se digitalizaron cada una de ellas por separado. Las mediciones se realizaron mediante el programa Image Tool ver. 2.1 (Wilcox *et al.*, 2002).

Cuadro 2. Lista de variables morfométricas evaluadas en órganos del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) y la abreviación utilizada para su caracterización.

ÓRGANO	VARIABLE	ABREVIACIÓN
HOJA	Área del limbo (cm ²)	AL
	Índice de redondez del limbo $[(4 \cdot \pi \cdot \text{área}) \cdot (\text{perímetro})^{-2}]$	IRL
	Longitud del pecíolo (cm)	LPL
	Ángulo de la quinta vena de la base al ápice (°)	AVL
	Ángulo apical (°)	AAL
	Relación eje radial/eje longitudinal del limbo	ERL/ELL
	Número de venas secundarias del lóbulo derecho de la hoja	NVSD
	Área proyectada de pétalo (cm ²)	APP
FLOR	Relación eje medio/eje longitudinal de pétalo	EMP/ELP
	Área de la sección de pétalo (cm ²)	ASP
	Índice de redondez de la sección de pétalo $[(4 \cdot \pi \cdot \text{área}) \cdot (\text{perímetro})^{-2}]$	IRSP
	Área del cono floral (cm ²)	ACF
	Índice de redondez del cono floral $[(4 \cdot \pi \cdot \text{área}) \cdot (\text{perímetro})^{-2}]$	IRCF
	Longitud de pedicelo (mm)	LPF
	Diámetro de pedicelo (mm)	DPF
	Área de sépalo (cm ²)	AS
FRUTO	Peso de fruto (g)	PF
	Índice de semilla $(\text{Semillas} \cdot 100) \cdot \text{peso de fruto}^{-1}$	IS
	Peso de cáscara (g)	PC
	Porcentaje de pulpa (%)	PP
	Sólidos solubles totales (%)	SST
	Resistencia de la cáscara al penetrómetro (kg·cm ⁻²)	RCP
	Eje polar de fruto (cm)	EPF
	Relación eje polar/eje ecuatorial de fruto	EPF/EEF
SEMILLA	Potencial de hidrógeno (pH)	pH
	Ácido málico (meq·100 g ⁻¹)	AM
	Relación eje radial/eje longitudinal de la semilla	ERS/ELS
	Índice de redondez de semilla $[(4 \cdot \pi \cdot \text{área}) \cdot (\text{perímetro})^{-2}]$	IRS
	Peso de una semilla (g)	PS

Del fruto se usaron muestras de 10 de tres árboles por accesión y a la madurez de consumo se obtuvieron los caracteres seleccionadas (Cuadro 2) en forma manual, utilizando balanza granataria para pesadas, vernier para medidas de longitud, y potenciómetro para determinar el pH. La acidez titulable (ácido málico) se determinó por el método analítico de la A.O.A.C

(Anónimo, 1980) que se basa en la titulación de una alícuota de la solución problema con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N hasta obtener el cambio al color rosa, anotando el volumen del gasto (ml) utilizado para dicha titulación; se realizó en pulpa y se expresó en meq·100 g⁻¹. Los sólidos solubles totales se evaluaron con la determinación de los °Brix con refractómetro marca Atago (1-30 °Brix), y la resistencia de la cáscara evaluó con el penetrómetro McCormick con un puntal de 1 cm de diámetro, el cual cuantificó la fuerza necesaria para penetrar la epidermis y cuya medición se realizó en kilogramos.

Las semillas obtenidas de cada fruto de cada accesión se cuantificaron y se pesaron; de éstas se tomaron muestras al azar de 20 semillas por accesión y se digitalizaron. Los caracteres seleccionados (Cuadro 2 y Figura 3) se determinaron con la ayuda del programa de análisis de Imagen Image Tool ver. 2.1.

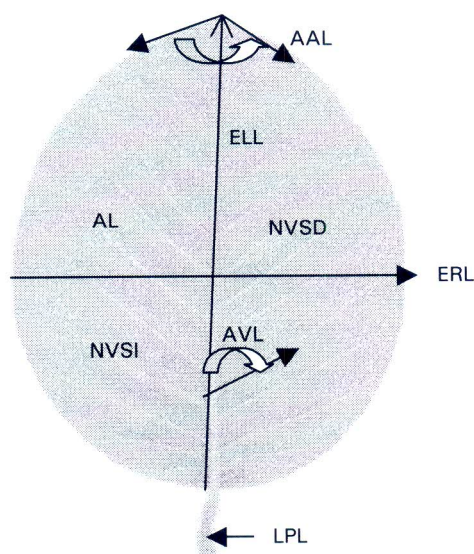


Figura 1. Hoja típica del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) con las variables evaluadas. Códigos de las variables según Cuadro 2.

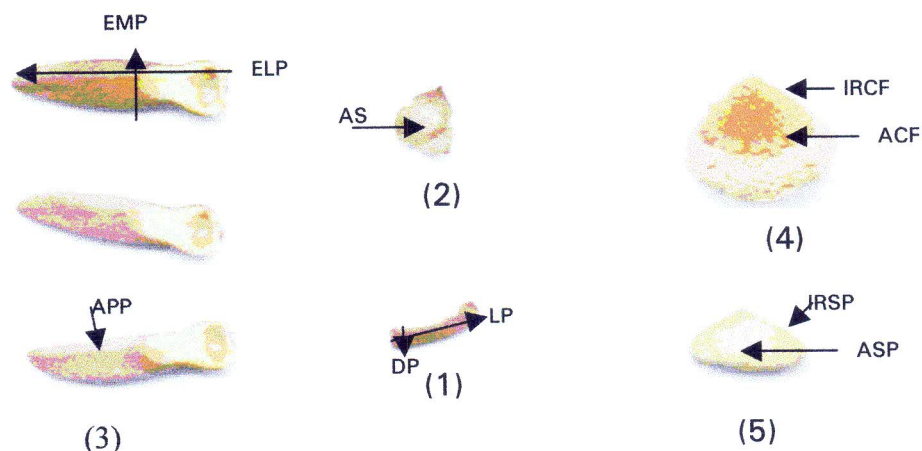


Figura 2. Partes de la flor de chirimoyo: (1): Pedicelo; (2): sépalo; (3): pétalos; (4): cono floral; (5): sección media de pétalo y variables evaluadas. Códigos de las variables según Cuadro 2.

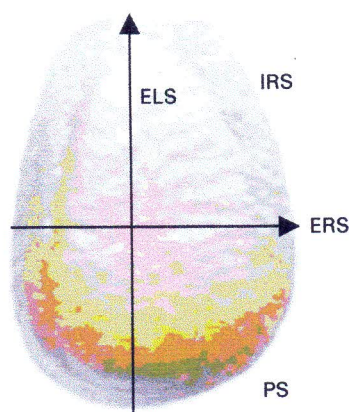


Figura 3. Semilla del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) con la descripción de los variables evaluadas. Códigos de las variables según Cuadro 2.

Análisis de los datos

Con los datos promedios obtenidos de los caracteres por accesión se construyó una matriz básica de datos (MBD) (Cuadro 3), la cual fue sometida a dos tipos de análisis: de componentes principales (ACP) y de agrupamiento. El ACP representa según un modelo lineal, un conjunto numeroso de caracteres mediante un número reducido de variables hipotéticas, llamadas componentes principales. Éstos son ortogonales y no están correlacionados entre sí, cada uno de ellos contiene una parte de la variabilidad total de caracteres. El número máximo de componentes es igual o menor al número de caracteres. Dicho análisis siguió los procedimientos siguientes: estandarización de datos cuantitativos

restando a cada valor, el promedio de cada carácter y dividiendo el resultado por la desviación estándar del mismo, para que todos los caracteres estén expresados a la misma escala de medición; cálculo de la matriz de correlación entre caracteres; obtención de los eigen-valores y eigen-vectores, lo que permitió determinar el porcentaje de traza de cada uno de los componentes principales, y la contribución individual de cada carácter medido a cada uno de los componentes principales; proyección de las OTU en un diagrama tridimensional sobre los tres primeros componentes principales.

En el análisis de agrupamientos, partiendo de la matriz básica de datos estandarizada según el procedimiento descrito para el ACP, se estimó el parecido taxonómico (disimilitud) mediante el coeficiente de distancia taxonómica media, que es el coeficiente de distancia recomendado para los caracteres cuantitativos. Según este coeficiente las diferencias entre las OTU, son proporcionales a la distancia euclidiana a la que se encuentran en el espacio (González-Andrés, 2001). Se obtuvo una matriz triangular de distancias, que sirvió para la obtención del dendrograma mediante la técnica de ligamiento conocida como UPGMA (“Unweighted pair-group method using arithmetic averages” media aritmética no ponderada). Todos los análisis de componentes principales y de agrupamiento se llevaron a cabo con el programa NSTYS-pc ver. 2.1 (Rohlf, 2000).

Cuadro 3. Matriz básica de datos morfométricos promedios de órganos del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.), sometida a análisis estadístico en este estudio. Códigos de las variables según Cuadro 2.

Accesión	AL	IRL	LPL	AVL	AAL	ERL/ELL	NVSD	APP	EMPE/EP	ASP	IRSP	ACF	IRCF	LP	DP
'Campas'	128.19	0.76	1.77	67.60	92.98	0.59	13	2.51	0.29	23.5	0.54	0.24	0.63	1.38	0.25
S-266	115.41	0.78	1.51	66.60	105.58	0.70	13	1.68	0.28	16.7	0.69	0.26	0.65	1.08	0.22
S-256	103.46	0.74	1.76	68.97	105.25	0.69	13	1.25	0.33	14.6	0.69	0.21	0.73	1.13	0.21
'Burtons'	153.11	0.68	2.13	55.86	85.19	0.58	13	1.05	0.29	8.18	0.69	0.17	0.70	1.00	0.19
S-9651	117.64	0.71	2.06	59.13	83.65	0.64	13	1.35	0.30	10.8	0.69	0.20	0.77	1.06	0.23
'White'	191.83	0.68	1.66	64.27	87.02	0.66	14	1.58	0.25	11.1	0.58	0.21	0.79	1.32	0.22
S-260	88.10	0.73	1.38	63.88	94.92	0.62	15	2.21	0.25	21.7	0.66	0.22	0.73	0.92	0.24
S-196	104.80	0.70	1.49	66.53	99.62	0.66	14	1.55	0.29	17.6	0.67	0.23	0.76	1.02	0.26
'Cortés II 31'	148.96	0.74	1.91	65.12	99.87	0.59	14	2.02	0.25	19.3	0.69	0.22	0.66	1.60	0.27
S-Selene	174.87	0.77	2.53	62.12	99.68	0.59	15	1.45	0.24	9.34	0.69	0.33	0.77	0.92	0.28
S-Carapan	154.17	0.78	1.98	54.50	98.27	0.60	14	1.63	0.28	10.8	0.75	0.35	0.79	1.20	0.27

Cuadro 3. Continuación.....

Accesión	AS	PF	IS	PC	PP	SST	RCP	EPF	EPF/EEF	pH	AM	ERS/ELS	IRS	PS
'Campas'	0.65	1002.50	4.04	120	85.41	21.82	3.15	14.5	1.21	5.11	0.20	0.62	0.69	0.43
S-266	0.39	823.00	13.99	140	74.22	24.76	3.44	14	1.19	4.78	0.20	0.54	0.67	0.48
S-256	0.34	648.00	12.56	109	73.38	18	6.11	12.5	1.17	4.78	0.20	0.56	0.58	0.58
'Burtons'	0.35	664.40	7.97	120	76.95	12.19	3.34	12.5	1.20	4.82	0.20	0.54	0.68	0.37
S-9651	0.31	508.30	14.04	81.3	75.74	18.1	3.8	12.6	1.29	4.68	0.21	0.54	0.68	0.45
'White'	0.42	672.10	3.94	94.3	80.63	18.2	4.67	12.5	1.21	4.76	0.19	0.63	0.71	0.49
S-260	0.45	634.60	9.45	144	71.4	17.15	3.51	11.2	1.04	5.12	0.20	0.53	0.65	0.49
S-196	0.37	614.60	8.64	140	68.27	18.7	7.04	11.7	1.10	5.18	0.20	0.60	0.67	0.81
'Cortés II 31'	0.51	695.30	5.05	63.9	87.24	17.67	4.2	14.3	1.38	5.28	0.19	0.62	0.71	0.53
S-Selene	0.44	807.40	7.2	71.1	87.11	19.2	0.53	12.5	1.07	4.92	0.25	0.54	0.60	0.47
S-Carapan	0.54	700.10	9.39	80.7	83	26.4	0.99	12.3	1.13	4.88	0.34	0.54	0.65	0.45

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Selección de variables

En el presente estudio se evaluaron inicialmente un total de 45 variables morfométricas en los cuatro órganos de chirimoyo caracterizados y después de un estudio de correlación se eliminaron 12 de los caracteres altamente correlacionados desde el punto de vista estadístico (Cuadro 4) y otros caracteres se relacionaron. De esta forma se redujeron de 45 a 29 variables más independientes entre ellas (Cuadro 2) y con ellas se realizaron los análisis multivariantes.

Cuadro 4. Variables no seleccionadas para el presente estudio de caracterización morfométrica por su alta correlación estadística dentro de los órganos del chirimoyo (*Annoa cherimola* Mill.)

ÓRGANO	VARIABLE NO SELECCIONADA
Hoja	Perímetro (cm)
	Diámetro de pedicelo (mm)
	Número de venas secundarias del limbo
Flor	Perímetro de pétalo (cm)
	Perímetro de sépalo (cm)
	Índice de redondez de sépalo
Fruto	Número de semillas
	Peso de semillas de un fruto (g)
	Peso de cáscara (g)
	Peso de pulpa (g)
Semilla	Área proyectada de semilla $[(4 \cdot \pi \cdot \text{área}) \cdot (\text{perímetro})^{-2}]$
	Perímetro de semilla (cm)

Análisis de componentes principales

En el análisis de los componentes principales (ACP), se determinaron los Eigen-valores (Cuadro 4), que indican el porcentaje individual y acumulado de la variabilidad que integra cada uno de los componentes obtenidos; así, el primer componente principal, incluye el 25.33 % de la variabilidad total de las accesiones analizadas, el segundo componente principal el 22.97 %, en tanto que el tercer componente principal incluye el 16.59 % de la variabilidad, dando un total de 64.90 % de la variabilidad total entre los tres primeros componentes principales. Esto significa que la combinación lineal de las variables originales representadas por los tres primeros componentes incluye el 65 % de la variación total del conjunto de datos, en tanto que si solo se toman en consideración los componentes 1 y 2, se logra reunir el 48.31 % de toda la variabilidad existente de las accesiones analizadas. Cabe mencionar que éstas

son las más importantes puesto reúnen el 48 % de la variabilidad acumulada y para tener el 100 % de la varianza se requiere de 10 componentes; es decir, después del tercer componente la contribución de cada una de ellas es menor.

Cuadro 4. Eigen valores, porcentaje absoluto y acumulativo de la varianza para los componentes principales en el estudio morfométrico de hoja, flor, fruto y semilla de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.).

COMPONENTE PRINCIPAL (CP)	VALOR PROPIO (Eigen-valor)	PORCENTAJE DE RESIDUO (%)	VARIANZA ACUMULADA (%)
1	7.34	25.33	25.33
2	6.66	22.97	48.31
3	4.81	16.59	64.90
4	3.32	11.45	76.36
5	2.14	7.38	83.74
6	1.49	5.16	88.91
7	1.34	4.63	93.54
8	0.85	2.95	96.49
9	0.61	2.10	98.60
10	0.40	1.39	100.00

Los Eigen vectores del primer componente principal (Cuadro 5), muestran como están estructurados los componentes en el ACP. El primer componente principal proporciona la información del 25.33 % de la variabilidad y las tres variables que más aportaron en la definición de los grupos fueron el área del sépalo (AS) con un valor del vector de 0.90, los sólidos solubles totales (SST) con 0.87 y el peso del fruto (PF) con 0.70, mientras que las otras variables resultaron con coeficientes menores. El segundo componente principal proporciona la información de 23.59 % de la variabilidad y los caracteres que más contribuyeron al mismo fueron la relación eje radial/eje longitudinal de la semilla (ERS/ELS) con un coeficiente de 0.79, el área de la sección de pétalo (ASP) con un coeficiente de 0.76 y el ángulo de la quinta vena (AVL) con un coeficiente de 0.75. El tercer componente principal, que tan solo proporciona información de 16.64 % de la variabilidad, se integró principalmente por las siguientes variables: ángulo apical de la hoja (AAL) con el valor del vector de 0.80, índice de redondez del limbo (IRL) con un coeficiente de 0.70 y la resistencia de la cáscara al penetrómetro (RCP) 0.61. El cuarto componente que reúne solo el 11.43 % de la variabilidad estuvo definido principalmente por las variables, número de venas secundarias del lóbulo derecho de la hoja (NVS) con un valor del vector de 0.82, la relación de eje polar/eje ecuatorial de fruto (EPF/EEF) con un valor del vector de 0.62 y la

relación eje medio/eje longitudinal de pétalo (EMP/ELP) con un coeficiente de 0.57.

Cuadro 5. Eigen-valores de los primeros cuatro componentes principales en el estudio de hoja, flor, fruto y semilla del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.). Códigos de las variables según Cuadro 2.

VARIABLE	COMPONENTE PRINCIPAL			
	1	2	3	4
AL	0.4750	0.4317	0.5639	0.0589
IRL	0.4932	0.2443	-0.7091	-0.4168
LPL	0.2628	0.7126	0.3586	-0.1781
AVL	0.0126	-0.7588	-0.3675	-0.0017
AAL	0.0876	-0.0833	-0.8078	-0.1519
ERL/ELL	-0.5876	-0.3384	-0.3299	-0.2420
NVSD	0.1683	0.3920	-0.2000	0.8235
APP	0.6636	-0.4950	-0.3200	0.1842
EMP/ELP	-0.5521	-0.1975	-0.0779	-0.5723
ASP	0.3072	-0.7643	-0.4523	0.1364
IRSP	-0.3136	0.6335	-0.2507	-0.1269
ACF	0.4766	0.6186	-0.5627	-0.0139
IRCF	-0.3511	0.6282	0.0815	0.4552
LP	0.6404	-0.4274	0.2965	-0.1564
DP	0.6086	0.2975	-0.4335	0.3519
AS	0.9049	-0.1394	-0.1940	0.0443
PF	0.7048	-0.2076	-0.2599	-0.3133
PC	-0.6864	0.1989	-0.3736	-0.4649
PP	-0.4459	-0.5214	-0.3832	0.0700
SST	0.8780	0.2828	0.2723	-0.1383
RCP	0.3916	0.1451	-0.6188	-0.3451
EPF	-0.5431	-0.7149	0.0517	0.1629
EPF/EEF	0.6126	-0.3905	0.1246	-0.6264
pH	0.2419	-0.3176	0.5850	-0.4204
AM	0.4769	-0.4192	-0.2678	0.5388
ERS/ELS	0.2678	0.7931	-0.3101	-0.0657
IRS	0.4644	-0.6129	0.3331	0.1996
PS	0.3118	-0.4382	0.5505	0.0964

El diagrama de proyección de las OTU sobre los tres primeros componentes principales (Figura 4), permite definir cuatro grupos de selecciones y cultivares mostrando la disimilitud existente entre ellos. Las selecciones Selene y Carapan por un lado, y ‘Cortés II 31’ y ‘Campas’ por el otro se sitúan, en el espacio tridimensional, bien separados entre ellos y del resto de las accesiones, lo que pone de manifiesto la mayor disimilitud entre ellos y con relación a los otros grupos. Los caracteres que más contribuyeron a esta agrupación de OTU fueron: tres de hoja, dos de flor, tres de fruto, y uno de semilla.

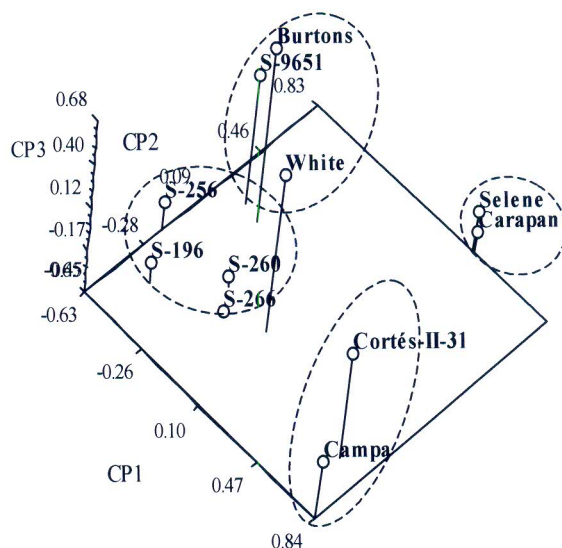


Figura 4. Diagrama tridimensional que muestra la proyección de las selecciones y cultivares del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) sobre los tres primeros componentes principales (CP). Las variables que más contribuyen a cada uno de estos CP son: CP1: área del sépalo y sólidos solubles totales; CP2: relación eje radial/eje longitudinal de la semilla, área de la sección de pétalo; CP3: Número de venas secundarias del lóbulo derecho de la hoja, relación eje polar/eje ecuatorial del fruto.

Análisis de agrupamiento

El dendrograma obtenido mediante el método de agrupación UPGMA, muestra cuatro grupos de las selecciones y cultivares de chirimoyo evaluados para el nivel de disimilitud de 1.33 (Figura 5). Es importante destacar que el agrupamiento coincidió con la proyección tridimensional de las selecciones y cultivares (Figura 4).

El grupo 1 está integrado por los cvs. Campas y Cortés II 31, el cual se caracteriza por tener los mayores valores de las variables área proyectada de pétalo (APP), área de la sección media del pétalo (ASP), longitud del pedicelo (LPF), área del sépalo (AS), peso de fruto (PF), porcentaje de pulpa (PP), eje polar de fruto (EPF), eje polar de fruto (EPF), relación eje polar/eje ecuatorial del fruto (EPF/EEF), pH, relación eje radial/eje longitudinal de la semilla (ERS/ELS), e índice de redondez de la semilla (IRS); por el contrario presenta los menores valores de la relación eje radial/eje longitudinal del limbo (ERL/ELL), de la

redondez de la sección de pétalo (IRSP), índice de redondez del cono floral (IRCF), índice de redondez de sépalo (IRS), índice de semilla (IS), y contenido de ácido málico (AM). Lo anterior indica que los cvs. Campas y Cortés se caracterizan por los siguientes caracteres de interés agronómico: frutos grandes con alto porcentaje de pulpa, alto valor de pH con bajo contenido de ácido málico, y menor índice de semilla entre todos los cultivares estudiados (Cuadro 5).

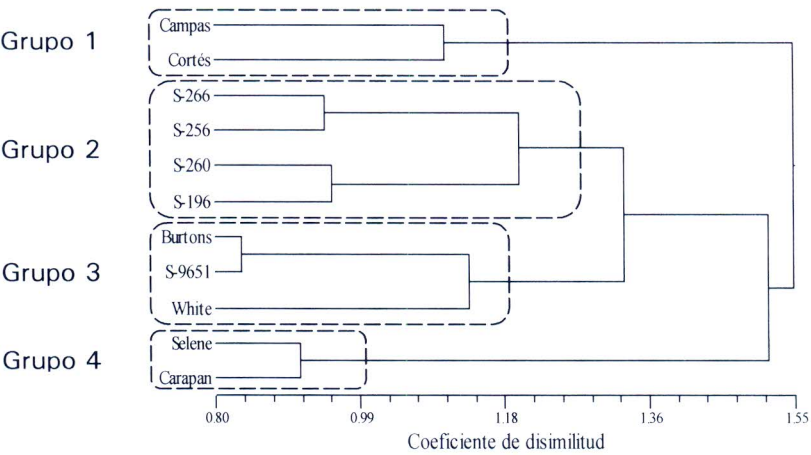


Figura 5. Dendrograma obtenido mediante análisis de agrupamiento (UPGMA) para variables de hoja, flor, fruto y semilla de 11 selecciones y cultivares del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.). Coeficiente de disimilitud: distancia taxonómica media.

Cuadro 5. Datos promedios de las variables medidas en hoja, flor, fruto y semilla por grupos de selecciones y cultivares de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) obtenidos del análisis de agrupamiento (distancia taxonómica media, UPGMA). Códigos de las variables según Cuadro 2.

GRUPO	AL	IRL	LPL	AVL	AAL	ERL/ELL	NVSD	APP	EMP/ELP	ASP	IRSP	ACF
Grupo 1	138.58	0.75	1.84	66.36	96.42	0.59	13.33	2.26	0.27	21.40	0.62	0.23
Grupo 2	102.94	0.74	1.54	66.49	101.34	0.67	13.67	1.67	0.29	17.66	0.68	0.23
Grupo 3	154.20	0.69	1.95	59.75	85.29	0.63	13.33	1.32	0.28	10.02	0.65	0.19
Grupo 4	164.52	0.78	2.26	58.31	98.98	0.60	14.50	1.54	0.26	10.06	0.72	0.34

Cuadro 5. Continuación...

GRUPO	IRCF	LPF	DPF	AS	PF	IS	PC	PP	SST	RCP	EPF	EPF/EEF
Grupo 1	0.65	1.49	0.26	0.58	848.90	4.55	92.17	86.33	19.75	3.68	14.37	1.30
Grupo 2	0.72	1.04	0.23	0.39	680.05	11.16	133.26	71.82	19.65	5.03	12.35	1.13
Grupo 3	0.75	1.13	0.21	0.36	614.93	8.65	98.44	77.77	16.16	3.94	12.53	1.23
Grupo 4	0.78	1.06	0.27	0.49	753.75	8.30	75.91	85.06	22.80	0.76	12.38	1.10

Cuadro 5. Continuación...

	PH	AM	ERS/ELS	IRS	PS
Grupo 1	5.20	0.19	0.62	0.70	0.48
Grupo 2	4.97	0.20	0.56	0.64	0.59
Grupo 3	4.75	0.20	0.57	0.69	0.44
Grupo 4	4.90	0.29	0.54	0.63	0.46

El grupo 2 está integrado por las selecciones 266, 256, 260, 196 obtenidas en la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. y se caracterizan por presentar los mayores valores de las siguientes variables: ángulo de la quinta nervadura (AVL), ángulo apical (AAL), relación eje radial/eje longitudinal de hoja (ERL/ELL), relación eje medio/eje longitudinal del pétalo (EMP/ELP), índices de semilla (IS), peso de la cáscara (PC), resistencia de la cáscara al penetrómetro (RCP) y peso de semilla (PS); contrariamente presentan otras las variables con los menores valores, tales como el área del limbo (AL), longitud de pecíolo (LPL), longitud del pedicelo (LPF), porcentaje de pulpa (PP), y eje polar del fruto (EPF). Lo anterior indica que las selecciones de la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. se caracterizan por las siguientes características de interés agronómico: frutos con mucha semilla siendo éstas las más grandes entre todas las selecciones y cultivares, con cáscara del fruto muy resistente que además tiene un elevado peso, y con un bajo porcentaje de pulpa.

Desde el punto de vista agronómico estas selecciones son ideales para producción de semilla, debido a su alto índice de este carácter, no tan deseable para fines de obtención de pulpa. La similitud de este grupo puede ser debida al origen común de los genotipos, procedentes de una plantación fenológica de 420 árboles derivados de semilla y que se supone presentan cierto grado de segregación, localizándose éstos en Coatepec Harinas, Edo de México, cuya selección se realizó primeramente por Rubí *et al.* (1992) basados en los criterios de los productores sobre el tamaño grande del fruto y también alta productividad frutícola (Nicolás *et al.* 1996), evaluación utilizada por Farré-Massip y Hermoso-González (1986).

El grupo 3 se conformó por los cvs. Burtons y White, y la selección 96-51, los cuales se caracterizaron por presentar caracteres con valores intermedios con relación a los otros grupos, pero encontraron los menores valores las siguientes variables: índice de redondez del limbo (IRL), ángulo apical (AAL), área proyectada del pétalo (APP), área de la sección del pétalo (ASP), área del cono floral (ACF), diámetro del pedicelo (DPF), área de sépalo (AS), peso del fruto (PF), sólidos solubles totales (SST), pH y peso de la semilla (PS). Desde el punto de vista agronómico destaca el fruto pequeño, la pulpa con el menor pH, °

Brix y sólidos solubles totales, y semilla pequeña. Además la característica del cv. Burtons de flores muy pequeñas coincide con lo señalado por Richardson y Anderson (1990), quienes indicaron que en este cultivar a menudo se dificulta la práctica de polinización artificial por el tamaño de las flores.

El grupo 4 se integró por las selecciones Selene y Carapan del Estado de Michoacán, México, que se caracterizan por presentar los mayores valores del área del limbo (AL), índice de redondez en el limbo (IRL), longitud de pecíolo (LPL), número de venas secundarias del lóbulo derecho (NVSD), índice de redondez de la sección de pétalo (IRSP), área proyectada del cono floral (ACF), índice de redondez del cono floral (IRCF), diámetro del pedicelo (DPF), sólidos solubles totales (SST) y ácido málico (AM); pero presenta los menores valores de ángulo de la quinta vena (AVL), relación eje medio/eje longitudinal del pétalo (EMP/ELP), peso de la cáscara (PC), resistencia de la cáscara al penetrómetro (RCP), relación eje polar/eje ecuatorial del fruto (EPF/EEF), relación eje radial/eje longitudinal de la semilla (ERS/ELS), e índice de redondez de la semilla (IRS).

Lo anterior indica que el grupo se caracteriza fundamentalmente por las siguientes características agronómicas: hojas grandes, frutos con los más altos contenidos de sólidos solubles totales y ácido málico. Presenta la desventaja de tener muy poca resistencia de la cáscara de fruto, lo que dificulta su manejo en poscosecha ante la sensibilidad de la cáscara al daño físico, sin embargo, los contenidos altos contenidos de SST y ácido málico, los hacen muy demandados por el consumidor mexicano. Las selecciones fueron realizadas por productores bajo los criterios de productividad y calidad de frutos (principalmente tamaño grande y buena apariencia de la cáscara).

La agrupación de accesiones que se ha obtenido puede ser explicada, desde el punto de vista biológico por procedencia, lo que induce a pensar que los cultivares pueden provenir de un acervo genético común, y por los criterios de selección de frutos grandes, lo que es claro para el grupo 2, el cual comprende al grupo de las selecciones 266, 256, 260, 196, originarias de una misma población de segregantes que se localiza en el Campo Experimental “Rancho la Cruz” en la parcela “Buenos Aires” de la Fundación Salvador

Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. en Coatepec Harinas, Edo de México, evaluados por Rubí *et al.* (1992) y Nicolás *et al.* (1996).

Las selecciones del grupo 4 (Selene y Carapan) son originarias de las comunidades purépechas de Tingambato y Carapan, Michoacán, cuya distancia entre ambas comunidades es de aproximadamente 30 km; ambas selecciones se obtuvieron de árboles establecidos en traspatio. Las comunidades mencionadas tienen fuertes vínculos culturales, lo que induce a pensar que ambas selecciones pueden estar emparentadas.

El grupo 1 esta compuesto por los cvs. Cortés II 31 y Campas. Se trata de cultivares cuyo origen inmediato es distante, ya que el cv. Cortés II 31, al igual que las selecciones Selene y Carapan, son originarias de Michoacán, México, respectivamente de las comunidades de Tancítaro, Tingambato y Carapan, en tanto que ‘Campas’ proviene de España. El grupo 3 está formado por los cvs. ‘Burtons’, ‘White’, y la selección 9651. ‘Burtons’ procede de Nueva Zelanda, y ‘White’ de Estados Unidos, en tanto que la selección 9651 es mexicana. A pesar de su origen inmediato distante, es posible que su parecido morfológico obedezca a razones de su cercanía genética por provenir de poblaciones similares de origen mexicano.

La ruta de introducción del chirimoyo indica que fue obtenido en México llevado hacia los Estados Unidos en el año de 1871 por Judge Robert B. Ord; de este país se introdujo a España y posteriormente a Nueva Zelanda, Australia, Israel, Italia y otros países (Schroeder, 1997b), lo que induce a pensar que la similitud encontrada puede deberse a su cercano parentesco, lo que deberá confirmarse mediante estudios de marcadores moleculares. Existen estudios isoenzimáticos con el objetivo de aclarar el parentesco entre cultivares de chirimoyo (Lee y Ellstrand (1987), Perfecti *et al.* (1993), Perfectti y Camacho (1999); Ellstrand, 1987; Pascual *et al.*, 1993; Perfectti y Camacho, 1999) pero ninguno de ellos incluyó el mismo conjunto de cultivares que en nuestro estudio. Grumet y Duball (1993) y Perfectti *et al.* (1993) trabajaron con los cvs. White y Campas, utilizando isoenzimas y obtuvieron un resultado coherente con el nuestro de distanciamiento entre ambos cultivares. Rahman *et al.* (1998) mediante el análisis de AFLP clasificó 19 cultivares en cinco tipos basado sobre su textura de la cáscara.

Otra razón que puede justificar las similitudes entre cultivares pueden ser los criterios de selección de frutos tales el índice de semilla, tamaño de frutos y semilla, parámetros químicos del fruto que contribuyen a su sabor, y dureza de la cáscara. Los grupos 1 y 4 son uniformes en una o varias de estas características, lo cual es lógico por tratarse de genotipos mejorados por selección de frutos de árboles provenientes de semilla realizada principalmente por productores y validados por investigadores. La variación morfológica de especies frutales debida a la domesticación se ha visto también en *Stenocereus stellatus* en México, encontrándose frutos grandes en las poblaciones de plantas cultivadas y pequeños en las poblaciones silvestres (Casas *et al.*, 1999).

Por otro lado, los resultados de la investigación sugieren, que las variables morfométricas evaluadas son de utilidad para diferenciar cultivares, principalmente el área proyectada de sépalo (AS), los sólidos solubles totales (SST), peso de fruto (PF), área de la sección de pétalo (ASP), el ángulo de la quinta vena de la hoja (AVL), relación eje radial /eje longitudinal de semilla (ERS/ELS), el ángulo apical (AAL), el índice de redondez del limbo (IRL), y resistencia de la cáscara al penetrómetro (RCP), como los son caracteres más importantes para diferenciar germoplasma de chirimoyo. En consecuencia, estos caracteres pueden ser de utilidad para la conjunción de los descriptores y diferenciar selecciones y cultivares del chirimoyo. De los caracteres señalados, la mayoría son independientes. El área foliar y los sólidos solubles totales son más susceptibles de ser afectados por el ambiente, aunque se trata de caracteres discriminantes que no deben despreciarse, por lo que el cultivo de los individuos a caracterizar en condiciones edafo-climáticas homogéneas, reduce estos problemas.

Es preciso tener en cuenta que la variabilidad genética es muy alta y también la interacción genotipo/ambiente (Ellstrand, 1997), la cual puede ser el resultado de la evolución, la domesticación y el mejoramiento genético (selección) (Van, 1985), y más específicamente por su naturaleza hermafrodita con dicogamia protogínica y su propagación por semillas (George, 1984). El mejoramiento genético ha tenido siempre como objetivo las propiedades del fruto, como órgano principal de selección, y además la caracterización se ha hecho

siempre con base en este órgano, que es la parte de la planta más comúnmente utilizada para diferenciar cultivares, y aunque tradicionalmente se han venido usando características morfológicas y fisiológicas para la identificación de los cultivares presenta la desventaja de que estos caracteres se ven muy influenciados por los factores ambientales (Pascual *et al.*, 1993). Los frutos han sido clasificados en cinco tipos de acuerdo al tipo de cáscara del fruto: lisa, impresa, tuberculata, mamilata y umbonata. Al respecto Scheldeman *et al.* (1999) descartaron el tipo de cáscara del fruto para fines de caracterización, debido a su variabilidad e inestabilidad y por no estar correlacionado con el peso de fruto ni con el número de semillas. Por su parte Rahman *et al.* (1998), indicaron que estos cinco tipos también exhiben diferencias en otras características morfológicas tales como hoja y forma del fruto. Sin embargo, muchas características del fruto de gran interés frutícola muestran polimorfismo (Ellstrand y Lee, 1987). Nuestro estudio al haber utilizado un elevado número de caracteres de todas las partes de la planta permite una mayor robustez que los estudios basados en uno o pocos caracteres

El estudio de caracterización morfológica muestra alta variabilidad genética detectada a través de los descriptores de hoja, flor, fruto y semilla del chirimoyo, lo que confirma la existencia de una amplia diversidad genética en México. Dicha variación en el chirimoyo ha sido detectada por otros autores usando marcadores moleculares, isoenzimas y AFLP para fines de identificación de cultivares y caracterización genética del germoplasma. Por lo tanto, la heterocigosis que exhibe el chirimoyo puede ser consecuencia de la conducta floral de dicogamia protogínica y la manipulación humana puede también promover la variación a través de la combinación genética (selección) ya que la mayoría de los cultivares del chirimoyo provienen de plantas de semilla de polinización abierta (Richarson y Anderson, 1996; Clark, 1992).

CONCLUSIONES

1. Del análisis de agrupamiento de datos se formaron cuatro grupos contrastantes de selecciones y cultivares de chirimoyo, lo que indica una variabilidad existente dentro de la especie *Annona cherimola*, y a su vez se constata la utilidad de los estudios de morfometría

2. Mediante el análisis de componentes principales se encontró que los caracteres que más contribuyeron a la definición de los grupos fueron: área de sépalo, sólidos solubles totales y peso de fruto para el CP1; eje radial/eje longitudinal de semilla, área de sección de pétalo y ángulo de la quinta vena para el CP2; ángulo apical, índice de redondez del limbo y resistencia de la piel al penetrómetro para el CP3; número de venas, relación eje ecuatorial/eje polar de fruto y la relación eje medio/eje longitudinal de pétalo para el CP4, lo que indica que deben considerarse dichos caracteres en los descriptores de esta especie.

LITERATURA CITADA

- ANDERSON, P.; RICHARSON, A. 1990. Which chirimoya cultivar is best? The Orchardist of New Zeland. December: 17-19
- ANDRÉS-AGUSTÍN, J. 1997. El cultivo del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) en el Estado de Michoacán, México. Proc. Amer. Soc. Trop. Hort. 41: 152-161.
- ANÓNIMO. 1980. Official Methods of Analysis of Association Official Analytical Chemist. 13rd edit. Washington, D.C. pp. 336-371.
- CASAS, A.; CABALLERO, J.; VALIENTE-BANUET, A.; SORIANO, J.A.; DÁVILA, P. 1999. Morphometrical variation and the process of domestication of *Snetocereus stellatus* (Cactaceae) in Central México. American Journal of Botany 86(4): 522-523.
- CLARK, P. 1992. Chirimoyas, even in small spaces. Fruit Gardener 2: 3-5.
- ELLSTRAND, N.C. 1997. Cultivars characteristics. Chapter 3, pp. 2-9. In: The Cherimoya Handbook. California Cherimoya Association (ed.). University of California. Department of Botany and Plant Sciences. Los Angeles, CA., U.S.A.
- ELLSTRAND, N.C.; LEE, J.M. 1987. Cultivar identification of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) using isozymes markers. Scientia Horticulturae 32: 25-31.
- FARRE-MASSIP, J.M.; HERMOSO-GONZÁLEZ, J.M. 1986. EL chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.). Criterios para una selección de cultivares. Fruticultura Profesional 3: 2-4.
- GARDIAZABAL-IRAZABAL, F.; ROSENBERG-MELNIK, G. 1993. El Cultivo del Chirimoyo. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile. 145 p.

- GEORGE, A.P. 1984. *Annonaceae*, pp. 35-41. *In*: Tropical Tree Fruits for Australia. Page, P.E.(ed.). Queensland Department of Primary Industries. Brisbane, Australia.
- GONZÁLES-ANDRÉS, F. 2001. La Caracterización Morfológica, pp. 199-217. *In*: Conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos. F. González-Andrés; J. M. Pita-Villamil (eds.). I.N.E.A. Valladolid, España.
- GRUMET, R.; DUVALL, R. 1993. Testing the effect of the determinate shoot growth allele on cucumber root growth. *HortScience* 28(8): 847-949.
- GUTIÉRREZ, M.; LAHOZ, J.M.; SOLA, M.M.; PASCUAL, L.; VARGAS, A.M.: 1994. Postharvest changes in total soluble solids and tissue pH of cherimoya fruit stored at chilling and non-chilling temperatures. *J. Hort. Sci.* 69(3): 459-463.
- IBAR-ALBIÑANA, L. 1979. El chirimoyo, pp. 121-144. *In*: Aguacate, Chirimoyo, Mango, Papaya. Editorial AEDOS. Barcelona, España.
- IRAZAZABAL, P. 1985. Descripción pomológica de una colección de cultivares de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). Estación Experimental "La Mayora". Algarrobo (Costa), Málaga, España. 61 p.
- LIGARRETO, G. 2003. Análisis de la variabilidad genética en frijol, pp. 27-71. *In*: Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Franco, T.L y Hidalgo, R. (eds.). Boletín Técnico Núm.8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia.
- LEE, J. M.; ELLSTRAND, N.C. 1987. Inheritance and linkage of isozymes in the cherimoya. *The Journal of Heredity* 78: 83-387.
- MORTON, J. F. 1987. Fruits of Warm Climates. Media Incorporated. Greensboro, N.C. U.S.A. 225 p.
- NICOLÁS-CRUZ, M.; RUBÍ-ARRIAGA, M.; CRUZ-CASTILLO, J.G. 1996. Exploración y colección de fenotipos sobresalientes de chirimoya. Memoria 1996. Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX,S.C. Coatepec Harinas, Edo. de México. México. pp. 59-65.
- PASCUAL, L.; PERFECTTI, F.; GUTIÉRREZ, M.; VARGAS, A.M. 1993. Characterising isozymes of Spanish cherimoya cultivars. *HortScience* 28(8): 845-847.
- PERFECTTI, F.; CAMACHO, J.M.P.1999. Análisis of genotypic differences in developmental stability in *Annona cherimola*. *Evolution* 53(5): 1396-1405.

- POPENOE, W. 1921. The native home of the Cherimoya. *Journal of Heredity* 12(7): 336-339.
- RAHMAN, S.M.; SHIMADA, T.; YAMAMOTO, T.; YONEMOTO, J.Y.; YOSHIDA, M. 1998. Genetic diversity of cherimoya cultivars revealed by amplified fragment length polymorphism (AFLP) analysis. *Breeding Science* 48: 5-10.
- RICHARDSON, A.; ANDERSON, P.A. 1986. Hand pollination effects on the set and development of cherimoya (*Annona cherimola*) fruit in a humid climate. *Scientia Horticulturae* 65: 273-281.
- RHOLF, F.J. 2000. NTSYSpc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Version 2.1. Exeter Software, New York, USA.
- ROYO-DÍAZ, J.B.; MIRANDA-ORELLA, S.; CACHORRO, A.; GONZÁLEZ-LA TORRE, J. 1994. Identificación varietal en árboles frutales. Métodos aplicables. *Fruticultura Profesional* 65: 30-37.
- RUBÍ-ARRIAGA, M.; de la CRUZ T., E.; BARRIENTOS P., F. 1992. Mejoramiento genético de la chirimoya a través de selección en poblaciones de segregantes. Memoria Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. Rubí A. M. (ed.). Coatepec Harinas, México. pp. 127-134.
- SAFFORD, W. E. 1914. Classification of the Genus *Annona*, with descriptions of new and imperfectly known species. *Contrib. U. S. Nat. Herb.* 18: 1-68.
- SCHELDEMAN, X.; UREÑA, V.; VAN DAMME, P. 1999. Colección y caracterización de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en la Provincia de Loja, Sur de Ecuador. *Acta Horticulturae* 497: 153-172.
- SCHROEDER, C. A. 1997a. Botany, pp. 2-10. *In: The Cherimoya Handbook*. California Cherimoya Association. University of California. Department of Botany. Los Angeles, CA., U S A.
- SCHROEDER, C. A. 1997b. History, pp. 1-12. *In: The Cherimoya Handbook*. California Cherimoya Association. University of California. Department of Botany. Los Angeles, CA., U S A.
- VAN, H.J.L. 1995. Hierarchical approaches to the analysis of genetic diversity in crop Plants, pp. 23-34. *In: Core collections in Plant Genetic Resources*. Hodgkin, T.; Brown, A.H.D.; van Hintum, J.L.; Morales, E.A.V. (eds.) International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). A Wiley-Sayce Publication. Rome, Italy.
- WILCOX, C.O.; DOVE, S.B.; McDAVID, W.D.; GREER, D.B. 2002. U.T.H.S.C.S.A. Image Tool Ver. 2.0. University of Texas Health Science Center. San Antonio, Texas, USA. 56 p.

IV. CARACTERIZACIÓN POSTCOSECHA DE FRUTOS DE SELECCIONES Y CULTIVARES DE CHIRIMOYO (*Annona cherimola* Mill.)

CARACTERIZACIÓN POSTCOSECHA DE FRUTOS DE SELECCIONES Y CULTIVARES DE CHIRIMOYO (*Annona cherimola* Mill.)

J. Andrés Agustín¹; M. T. Martínez Damián²; R. Nieto Ángel²; A. F. Barrientos Priego²

¹CRUCO-Universidad Autónoma Chapingo. Av. Periférico Independencia Pte. No.1000. C.P. 58000. Morelia, Michoacán, MÉXICO. jandres5@hotmail.com

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México, MÉXICO.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue caracterizar, desde el punto de vista poscosecha en condiciones ambientales (18-20 °C), a frutos de 11 genotipos (ocho selecciones y tres cultivares) de chirimoyo, de acuerdo a caracteres como porcentaje de pérdida de peso, resistencia de la piel al penetrómetro, contenido de SST (°Brix), pH, acidez titulable, cambios de color y producción de CO₂ y etileno. Los cvs. Campas, Cortés II 31 y las selecciones 266 y 256 fueron los que tuvieron menor porcentaje de pérdida de peso en poscosecha. Las selecciones 196, 256 y los cvs. Cortés II 31 y White, destacaron por tener mayor firmeza. Las selecciones Carapan y 266 tuvieron mayor contenido de sólidos solubles totales (26.4 y 24.76, respectivamente). Los cvs. Cortés II 31, Campas y las selecciones 196 y 260 resultaron con el pH más alto. Las selecciones 256, 266 además de los cvs. Cortés y Campas fueron los que reunieron el mayor número de características favorables en poscosecha.

Palabras clave: Genotipos, chirimoya, maduración, respiración.

ABSTRACT

POSTHARVEST CHARACTERIZATION IN ELEVEN SELECTIONS AND CULTIVARS OF CHERIMOYA (*Annona cherimola* Mill.)

The objective of the present investigation was to characterize, the point of view in postharvest under environmental conditions, to 11 genotypes (eight selections and three cultivars) of cherimoya, according to percentage of loss of weight, resistance of the skin to penetrometer, content of total soluble solids (SST), pH, titlable acidity, changes of color and respiration (CO₂) and ethylene production. The results indicates that cvs. Campas, Cortés II 31 and the selections 266 and 256 were those that lost smaller percentage of weight. The selections 196, 256 and the cvs. Cortés II 31 and White had the biggest of shell resistance to penetrometer. The selections Carapan and 266 had the biggest content of total soluble solids (26.4 and 24.76 °Brix, respectively). The cvs. Cortés II 31, Campas and selections 196 and 260 were with the highest pH content. The selections 256 and 266 and the cvs. Cortés II 31 and Campas were those that gathered the biggest number of the best characteristics in postharvest.

Key words: *Annona cherimola*, cherimoya, ripening, respiration.

INTRODUCCIÓN

En México se estiman aproximadamente 500 ha cultivadas de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) principalmente en huertos de traspatio y unas 50 ha a nivel comercial, cuya producción se destina fundamentalmente al mercado regional y pequeñas exportaciones a Japón. A pesar de que es un fruto con altas posibilidades de mercado debido a su excelente sabor (Gutiérrez *et al.*, 1994), no se ha satisfecho la demanda externa e interna debido a la falta de cultivares altamente productivos y de tecnología de producción apropiada, así como al manejo poscosecha (Andrés-Agustín, 1997). Existen también buenas alternativas de comercialización en los Estados Unidos y Europa aunque su consumo todavía es limitado por la corta vida de anaquel que no sobrepasa los 7 días en condiciones ambientales (Gutiérrez *et al.*, 1994). Dado el largo período de floración y por ende de polinización, toda la fruta no alcanza el nivel de madurez fisiológica para ser cosechado en un mismo momento, razón por la que la recolección debe realizarse en varios cortes en diferentes fechas, en un período de dos a tres meses (Gardiazabal y Rosenberg, 1993).

El fruto de chirimoyo está clasificado como climatérico, lo que indica que pertenece al grupo de las frutas que presentan al término de su desarrollo un incremento en su tasa respiratoria, y son capaces de continuar la evolución de madurez una vez desprendidas del árbol, aumentando la velocidad de respiración, y en el que se han identificado dos incrementos bien marcados y se asocia con otros procesos indicativos de maduración, tales como el cambio de color de la epidermis, ablandamiento, liberación de aromas y compuestos volátiles, cambios en el contenido de agua y carbohidratos, y un incremento en el metabolismo, lo que hace que la fruta de chirimoyo esté expuesta a un acelerado deterioro en poscosecha, lo que requiere un control más cuidadoso para su manejo y factores ambientales que permiten ampliar el período al consumo (Gardiazabal y Rosenberg, 1993).

Estudios con frutos de *Annona* muestran que tienen una corta vida cuando son almacenados a 20 °C (Brown *et al.*, 1988). La temperatura óptima de maduración es de 8-12 °C, dependiendo del cultivar, grado de maduración del mismo fruto, y la humedad

relativa (Kader y Arpaia, 2000). En México se están generando selecciones de chirimoyo, sin embargo, cada cultivar presenta características propias de maduración, siendo necesario evaluarlas para conocer su comportamiento y manejo. Por lo anterior la presente investigación tuvo por objetivo caracterizar el comportamiento poscosecha de 11 selecciones y cultivares del chirimoyo, en condiciones no controladas (18 a 20 °C), tomando como punto de referencia a algunos cultivares desarrollados en España y EUA, y de ahí generar un patrón de maduración.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal empleado para el comportamiento de los frutos del chirimoyo en poscosecha fue obtenido de 11 selecciones y cultivares provenientes del Campo Experimental de la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C., localizado en Coatepec Harinas, Edo. de México y las selecciones Selene, Carapan y el cv. Cortés II 31 de árboles establecidos en huertos familiares ubicadas en las comunidades de Tingambato, Carapan y Jujacato, Estado de Michoacán. La colecta de los frutos se realizó con base en los índices de tamaño y cambio de color de la cáscara, utilizando 10 frutos por genotipo de los que se determinó la pérdida de peso y cambio de color, resistencia de la piel al penetrómetro, contenido de sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable (ácido málico). Estos caracteres se evaluaron al establecimiento de la investigación al 0, 2, 4 y 6 días en poscosecha a condiciones ambientales.

Se eligieron también tres de las selecciones más representativas de México, definidas cada una de ellas con su parecido morfológico de frutos: 196, 260 y cv. Cortés II 31, de las que se evaluaron cinco frutos: pérdida de peso, color, firmeza de pulpa, patrón respiratorio (CO₂) y síntesis de etileno. La unidad experimental consistió en un fruto y se analizaron con el diseño experimental completamente al azar y comparación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

El peso individual se realizó con una balanza de precisión electrónica con capacidad de 15 kg (marca Metler PS-15). El porcentaje de pérdida fisiológica de peso se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$PFP (\%) = \frac{(P_i - P_f) 100}{P_f}$$

Donde:

PFP, pérdida fisiológica de peso;

P_i, Peso inicial del fruto;

P_f, Peso final (peso en cada fecha);

El cambio de color se determinó en dos puntos fijos en la zona ecuatorial de la epidermis, utilizando un colorímetro manual, Color Tec PCM, el cual indica la lectura del color por tres variables: L, a, b. El valor “L” se refiere a la brillantez o luminosidad, y toma valores de 0 %, para colores totalmente oscuros, hasta 100 %, expresando colores de máxima brillantez; “a” se refiere a tonalidades que van desde el color verde (-) hasta el rojo (+), y “b” se refiere a colores que van desde el azul (-) hasta el amarillo (+).

Los cambios de color se determinaron mediante los siguientes parámetros:

- a) Índice de saturación (Chroma). Indica la pureza del color y se obtuvo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Pureza = \sqrt{a^2 + b^2}$$

- b) Ángulo de tono (Hue). Mediante este parámetro se puede referir si el color es verde, rojo, amarillo o azul, y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Hue = \tan^{-1} \frac{b}{a}$$

- c) El cambio de color en la piel del fruto (ΔE) se determinó con la siguiente ecuación:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Donde:

ΔL = valor “L Hunter” final - valor “L Hunter” inicial

Δa = valor “a Hunter” final - valor “a Hunter” inicial

Δb = valor “b Hunter” final - valor “b Hunter” inicial

El cambio en la firmeza de la pulpa o el ablandamiento, indicador de madurez, se evaluó con el penetrómetro Compact Gauge con un puntal de 8 mm de diámetro, el cual cuantificó la fuerza necesaria para penetrar la pulpa y cuya medición se realizó en kilogramos, previa eliminación de la piel del fruto.

La respiración se evaluó mediante la liberación de CO₂ y la producción de etileno por el

método de recipiente cerrado herméticamente (campana de cristal), de volumen conocido; se colocaron cuatro frutos durante una hora. Se extrajeron 7 ml de muestra de gases con una jeringa hipodérmica de 10 ml de capacidad, y se inyectó la muestra en tubos cerrados al vacío (vacutainers). Para determinar el contenido de etileno y CO₂ de cada muestra se tomó 1 ml de aire, el cual fue inyectado en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 serie II, con las siguientes características: columna empacada tipo abierta con capa porosa de sílica fundida (PLOT) y fase estacionaria paraplott 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 y un detector de ionización de flama (FID) y otro de conductividad térmica (TC). Las determinaciones de los gases fueron expresadas en miligramos de CO₂ por centímetro cuadrado por hora (mg de CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) y microlitros de etileno por kilogramo por hora mediante las ecuaciones siguientes:

$$CO_2 (mg \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}) = \left[\frac{CO_2 (\%)}{100} \right] \left[\frac{Vol. espacio libre (ml)}{pesomuestra. (kg)} \right] \left[\frac{1}{tiempo (h)} \right] 1.84$$

$$C_2H_4 (\mu l \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}) = \left[\frac{C_2H_4 (mg) muestra}{pesomuestra. (kg)} \right] \left[\frac{tiempo (h)}{pesomuestra. (kg)} \right]$$

Los sólidos solubles totales se determinaron por el método de la A.O.A.C. (Anónimo, 1980), colocando dos gotas de jugo de la pulpa al refractómetro manual (ATAGO N-1E °Brix 0-32 %). La acidez titulable, se obtuvo mediante la titulación de una alícuota de la solución problema en hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N hasta obtener el cambio al color rosa, anotando el volumen del gasto utilizado en mililitros para dicha titulación, cuyos resultados se expresaron en miliequivalentes de ácido málico en 100 g de pulpa y determinándose en 10 g de peso de pulpa por fruto, agregando 50 ml de agua destilada. En seguida se licuó, aforó el volumen total, se filtró el licuado, titulando la muestra con NaOH 0.1 N hasta obtener el cambio al color rosa, anotando el volumen del gasto utilizado en mililitros para dicha titulación. La acidez titulable se evaluó con la determinación del ácido málico con la ecuación siguiente:

$$\text{Ácido málico (\%)} = \frac{\text{volumen gastado (ml) de NaOH} \times 0.1N \times 0.067 \text{ ácido málico (mq)} \times \text{vol. total} \times 100}{\text{Peso muestra (g)} \times \text{vol. alícuota (ml)}}$$

donde:

N = Normalidad de NaOH;

V = Volumen total (ml de extracto después de licuar y filtrar; ac. málico (meq.) = 0.067

También se determinó el pH con un potenciómetro a partir de la misma solución problema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de pérdida de peso

El porcentaje de pérdida de peso (PPP) varió entre cultivares, en rangos de 2.74 a 5.59 % a los dos días en poscosecha, de 7.20 a 10.52 % a los cuatro días y de 7.30 a 14.65 % al sexto día (Cuadro 1). El cv. Campas fue el que tuvo menor pérdida de peso y entre las selecciones mexicanas que perdieron menos peso fueron: 266, Carapan, 256 y Cortés II 31. Por el contrario, la selección 9651, fue la que tuvo el mayor porcentaje de pérdida de peso, en tanto que las demás selecciones y cultivares estuvieron en un punto intermedio en cuanto esta característica evaluada (Cuadro 1).

Los porcentajes de pérdida de peso obtenidos nos indican que el fruto del chirimoyo se deshidrata con mucha rapidez, el cual varía en porcentajes de 7.30 a 14.65 % al sexto día, lo que equivale a 70 a 150 kg de pérdida de peso por tonelada durante los seis días de almacenamiento a temperaturas no controladas, entre 20 ± 2 °C, dependiendo del cultivar, comportamiento que está principalmente definido por la pérdida de agua y por tanto, equivalen a pérdidas de peso comercial (Wills *et al.*, 1998). Estas diferencias en el porcentaje de pérdida de peso entre selecciones y cultivares puede obedecer a diferencias fisiológicas y morfológicas tanto internas como externas del fruto, tales como el grosor de la cáscara y su estado de madurez fisiológica al momento de cosecha y la temperatura del almacén (Wills *et al.*, 1998).

Firmeza de la epidermis

La firmeza de la epidermis del fruto evaluada en madurez de consumo con el penetrómetro (cabezal de 8 mm de diámetro), se encontró que las selecciones 196, 256, 'White' y 'Cortés II 31' fueron estadísticamente iguales y tuvieron mayor firmeza, que

las selecciones Selene y Carapan que tuvieron la menor firmeza de la epidermis (Cuadro 2). El resultado pone de manifiesto que la resistencia de la epidermis al penetrómetro, desde el punto de vista poscosecha, es un caracter de manejo del fruto muy importante, ya que los frutos pueden tener mayor resistencia a los daños al transporte y almacenamiento, y por este caracter algunos cultivares tales como Selene, a pesar de tener tamaño grande, forma cónica y vistoso color verde, esta característica lo hace poco atractivo para ser un buen cultivar, colocándose en desventaja por la susceptibilidad a los daños en el manejo poscosecha.

Tomando como base el comportamiento poscosecha bajo condiciones ambientales no controladas, evaluado en el presente estudio, podemos señalar que las selecciones 196, 256 y los cvs. White y Cortés II 31 fueron los que tuvieron mayor resistencia de la piel, lo que es importante para el manejo poscosecha; en tanto que la menor pérdida de peso se encontró en el cv. Campas y en las selecciones 266, Carapan, 256 y el cv Cortés II 31. El mayor contenido de SST se obtuvo en las selecciones Carapan, 266, Campas y Cortés II 31, en tanto que el pH más alto se obtuvo en el cv. Cortés II 31 y en las selecciones 196 y 260.

La resistencia de la epidermis del fruto al penetrómetro es un indicador del nivel de ablandamiento o madurez, y ha sido considerada como una de las principales limitaciones del fruto del chirimoyo, especialmente cuando está maduro, cuyo rango de esta medición es muy amplio y depende del tipo de cabezal utilizado, así por ejemplo Hermoso-González *et al.* (1999) reporta de 0.28 a 1 kg medido con cabezal plano de 2.8 mm de diámetro e indica que los frutos con resistencia inferior a 0.3 kg, necesitan protección especial con malla de poliestireno, lo que aumenta grandemente el costo de embalaje.

Sólidos solubles

El contenido de sólidos solubles totales (SST) resultó significativamente superior en la selección Carapan, aunque estadísticamente igual con los de la selección 266 (26.40 y 24.76, respectivamente), en tanto que el cv. Burtons resultó estadísticamente con el menor contenido de SST (12.19 °Brix) (Cuadro 2). Los azúcares constituyen la mayoría

de los sólidos solubles totales (Berger, 1975) y según Kawamata (1977) en el chirimoyo están presentes principalmente la glucosa, fructosa y sucrosa, y cuyo contenido es muy importante porque de éste depende el sabor dulce que caracteriza a los frutos del chirimoyo.

Cuadro 1. Pérdida de peso (%) de frutos de 11 selecciones y cultivares de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) durante la maduración a temperatura ambiente no controlado (20 ± 2 °C).

DÍAS A EVALUACIÓN		SELECCIÓN O CULTIVAR									
	S-9651	S-196	'White'	S-260	'Burtons'	S-256	S-Carapan	'Campas'	S-Selene	S-266	'Cortes II-31'
2	5.59 a ^y	5.18 ab	5.13 ab	5.01 ab	3.98 bc	3.35 c	3.30 c	3.12 c	2.98 c	2.80 c	2.74 c
4	10.52 a	10.19 a	10.0 a	9.70 ab	8.07 abc	6.58 c	7.32 bc	5.97 c	7.07 c	5.74 c	7.20 bc
6	14.65 a	13.98 ab	14.0 ab	13.6ab	11.0 bc	9.47 cd	9.25 cd	7.30 d	9.06 cd	7.97 cd	10.89 bc

^y Medias con la misma letra por hilera son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey al nivel de $P \leq 0.05$

Frutos superiores a 25 °Brix de SST son excesivamente dulces, los que contienen entre 18 a 20 °Brix son de sabor aceptable, mientras que los frutos con menor de 15 °Brix son de sabor poco agradables, aunque el sabor es adquirido por una adecuada relación entre azúcares y acidez en el fruto (Gardiazabal y Rosenberg, 1993). En la presente investigación solo el cv. Burtons fue inferior a 15 °Brix.

pH de pulpa

El pH más alto se encontró en el cv. Cortés II 31 pero estadísticamente igual al de las selecciones 196, 260 y el del cv. Campas y significativamente diferentes con el de la selección 9651, la cual fue más bajo (Cuadro 2). El pH del fruto de chirimoyo está influenciado por las temperaturas de almacenaje y la época de cosecha. En fruta almacenada a temperatura ambiente, el pH tiende a bajar y presenta una tendencia inversa a la acidez durante poscosecha, los frutos cosechados tempranamente tienden a presentar un pH más bajo durante el almacenamiento, debido a que los ácidos orgánicos aumentan a medida que el fruto permanece más tiempo en el árbol (Hermoso-González *et al.*, 1997). Lo anterior explica el mayor pH del cv. Cortés cuya cosecha fue más tardía en comparación con los otros genotipos.

Acidez titulable

Con relación al contenido de ácido málico, la selección Carapan resultó estadísticamente superior a los otros genotipos con un valor de 0.33 % con relación a los otros genotipos, en concordancia con el contenido de los SST en frutos del chirimoyo. La selección Selene resultó también estadísticamente diferente a la selección Carapan y a las selecciones 196, 256, 9651, 260, 266, ‘White’, ‘Cortés II 31’, ‘Burtons’ y ‘Campas’, resultaron con los valores menores en esta característica bioquímica (Cuadro 2).

El sabor del chirimoyo está determinado en gran medida por el balance de la concentración de azúcares expresado en SST y la acidez titulable. Los SST varían entre 14 y 30 °Brix y la acidez titulable entre 1.3 y 5.3, dependiendo del cultivar. Los cultivares con alto contenido de SST y baja acidez resultan más dulces. Las que tienen alta acidez y bajo SST son excesivamente ácidas (Hermoso-González *et al.*, 1999). Este

balance entre pH y acidez puede estar mejor representado en el cv. Cortés II 31, ya que presenta el pH más alto (5.28) y los SST de 17.67 y el ácido málico de 0.18, lo que puede influir sobre el sabor de este cultivar.

Estas características de pH y acidez titulable dependen de cada cultivar, lo que probablemente puede estar determinado por su carácter genético, aunque las condiciones ambientales pueden afectar estos caracteres, tal como se ha visto influenciado por las bajas temperaturas en Chile, donde son más bajos, en contraste con España al evaluar los mismos cultivares (Gardiazabal y Cano, 1999; González, 1991). El pH del fruto de la chirimoya está influenciado por el período de cosecha, es decir, presenta una tendencia inversa a la acidez titulable.

Cambios en la firmeza de la pulpa

El cambio de la firmeza de la pulpa presentó diferencias significativas entre genotipos. Al día inicial el cv. Cortés II 31 tuvo mayor firmeza en contraste con la de las selecciones 196 y 260. No hubo diferencias estadísticas al segundo día en poscosecha. Al cuarto día fue la selección 196 la que presentó estadísticamente mayor firmeza de pulpa en relación con la selección 260 y el cv. Cortés II 31. Tanto al día seis y como día ocho, fue la selección 196 la que estadísticamente presentó mayor firmeza en contraste con la selección 260 y el cv. Cortés II 31.

En general se observó una disminución de la firmeza de la pulpa en los tres genotipos, ablandamiento que es un indicador de madurez de consumo, la cual se acentuó al cuarto día para la selección 260 y el cv. Cortés II 31 en tanto que la selección 196 lo presentó al sexto día y ésta firmeza aumentó ligeramente al octavo día en esta selección, debido a que las evaluaciones fueron en diferentes frutos y probablemente los frutos de esta selección se cosecharon antes de su madurez fisiológica, cuyos índices de cambio visual de color y tamaño de frutos utilizados en cosecha no son apropiados para un fruto, como el chirimoyo (Cuadro 3).

Cuadro 2. Firmeza de la epidermis del fruto al penetrómetro, SST y pH de 11 selecciones y cultivares del chirimoyo (*Amona cheirmola* Mill.) evaluadas en madurez de consumo.

VARIABLE	SELECCIÓN O CULTIVAR										
	S-196	S-256	'White	'Cortés II 31'	S-9651	S-260	S-266	'Burtons'	'Campas'	S-Carapan	S-Selene
Firmeza (kg)	7.04 a ^y	6.11 ab	4.67 abc	4.20 abc	3.80 bcd	3.51 bcd	3.44 bcde	3.34 bcde	3.15 cde	0.99 de	0.53 e
SST (°Brix)	18.70 cd	18.00 cd	18.20 cd	17.67 d	18.10 cd	17.15 d	24.76 ab	12.19 e	21.82 bc	26.40 a	19.20 cd
pH	5.18 a	4.78 cd	4.76 cd	5.28 a	4.68 d	5.12 ab	4.78 cd	4.82 cd	5.11 ab	4.88 cd	4.92 bc
Ac. Málico (%)	0.19 c	0.20 c	0.19 c	0.18 c	0.20 c	0.19 c	0.20 c	0.20 c	0.19 c	0.33 a	0.25 b

^y Medias con la misma letra por hilera son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey al nivel de $P \leq 0.05$

Lo resultados mostraron cambios en el ablandamiento de la pulpa de los frutos de tres selecciones evaluadas, los cuales, una vez cosechados iniciaron con el proceso de maduración que los lleva a condición óptima para consumo al cuarto día, proceso que se evidencia por los cambios en el ablandamiento de la pulpa. Este cambio esta influenciado directamente por la temperatura de almacenaje, ya que se ha visto que a mayor temperatura, la velocidad de ablandamiento es mayor (Wills *et al.*, 1998). Estos cambios también ocurren en la epidermis del fruto, SST, pH y en la acidez titulable (ácido málico) (Gutiérrez *et al.*, 1994), quienes observaron un incremento en el contenido de SST en frutos de chirimoyo en poscosecha alcanzando un máximo a los 4 días a temperaturas de 22 °C y después disminuyó el ablandamiento de los frutos como indicación de madurez de consumo, lo que coincide con el estudio.

Cuadro 3. Cambios en la firmeza de la pulpa de frutos de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) durante su maduración (kg).

DIAS DE EVALUACIÓN EN POSCOSECHA	SELECCIÓN O CULTIVAR			DMS 0.05
	S-196	S-260	‘Cortés II 31’	
0	13.8 b ^y	12.4 b	21.2 a	9.5
2	8.2 a	8.8 a	15.0 a	0.98
4	5.1 a	0.4 b	0.3 b	2.03
6	3.6 a	1.8 ab	0.2 b	2.74
8	4.4 a	1.8 ab	0.1 b	4.55

^y Medias con la misma letra por columna son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey al nivel de $P \leq 0.05$

El sabor del chirimoyo esta determinado en gran medida por los contenidos en sólidos solubles y acidez titulable. Los sólidos solubles totales, medidos con refractómetro, varían entre 14 y 30 °Brix en diferentes cultivares. La acidez titulable lo hace entre 1.3 y 5.3 %. Los cultivares con altos SST y baja acidez resultan muy dulces. Las que tienen alta acidez y bajo SST son considerados como excesivamente ácidos para la mayoría de los consumidores (Hermoso-González *et al.*, 1999). El presente estudio confirma que las características del fruto pueden variar dentro de un cultivar, cuyas razones pueden ser genéticas, pero es principalmente debido a las interacciones genotipo por ambiente (Ellstrand, 1997).

Color de la epidermis del fruto

a) Luminosidad.

La selección 9651 fue la que tuvo mayor luminosidad en la epidermis del fruto en la evaluación al día inicial (0) y difiere estadísticamente con el resto de los genotipos evaluados. La selección 266 fue la que tuvo menor luminosidad pero esta fue estadísticamente igual con las selecciones 196, 256, 260, los cvs. Cortés II 31, Burtons en el intervalo de luminosidad de 46.37 a 50.36. Al día dos la selección 9651 mantiene en términos absolutos la luminosidad con respecto al resto de los genotipos, sin embargo, disminuye su luminosidad pero sin diferencias estadísticas con las selecciones Selene, Carapan, 256 y el cv. White.

La selección 266 mantiene la luminosidad del día 0 pero esta luminosidad es estadísticamente igual a la de las selecciones 196, 256, 260, Selene, los cvs. Cortés II 31, Burtons y Campas, excepto con el cv. White y la selección 9651. Al día cuatro la selección Selene mantiene su mayor luminosidad y solo difiere estadísticamente con la luminosidad del cv. Campas que es el que obtuvo el menor valor de luminosidad. Todos los genotipos restantes no tuvieron diferencias estadísticas significativas en la luminosidad, ni con el genotipo que tuvo el mayor valor, ni con el de menor valor. Al día seis la selección Selene fue la que tuvo el mayor valor de luminosidad que no difiere en dicho efecto con el cv. Campas y las selecciones Carapan, 256 y 266. El cv. Burtons fue el del mas bajo valor de luminosidad pero coincidió con la de todos los genotipos, excepto con la de las selecciones Selene, Carapan y la del cv. Campas (Cuadro 3).

En general, los genotipos que siempre mantuvieron la luminosidad fueron las selecciones Selene y 266, en tanto que la selección 9651 y los cvs. Burtons y White fueron los genotipos que más drásticamente perdieron la luminosidad en la epidermis del fruto del día cero (inicial) al día seis de evaluación.

Los frutos de las selecciones y cultivares del chirimoyo evaluados ponen de manifiesto los cambios experimentados sobre la luminosidad de la epidermis del fruto en poscosecha; la máxima brillantez se presentó al inicio del experimento y esta disminuye

durante la maduración, lo que puede deberse a la pérdida de agua y del color verde de la piel del chirimoyo por la acción de enzimas tales como peroxidasa, evaluado en *Annona squamosa* por Lima *et al.* (1999). Si la epidermis del fruto pierde brillantez aparece el oscurecimiento gradual, siendo este uno de los problemas más importantes para la comercialización de frutos del chirimoyo.

b) Índice de saturación (Chroma)

La selección 9651 fue la que tuvo el mayor valor de pureza pero esta fue estadísticamente igual a la del cv. White. La selección 196 fue la que tuvo el menor valor de pureza pero fue estadísticamente igual a la de los genotipos S-256, S-Carapan, S-266; 'Burtons', S-260 y S-Selene. Al día dos la selección 9651 mantiene el mayor valor de pureza del color pero igualmente no difiere estadísticamente de 'White'. Las selecciones 196, y 260 fueron las que tuvieron el menor valor de pureza pero estas fueron estadísticamente iguales a la del resto de los genotipos a excepción de la de la selección 9651. Al día 4 la misma selección 9651 mantiene el mayor valor de pureza pero no difiere estadísticamente con la del resto de los genotipos a excepción de la selección 260. Al día seis la selección Selene fue la que tuvo el mayor valor de pureza pero este no fue estadísticamente diferente al del resto de los genotipos, a excepción de la selección 260 (Cuadro 4)

c) Ángulo de tono

Al día inicial y cuatro no hubo diferencias estadísticas en la variable ángulo de tono. Al día dos la selección 196 tuvo mayor ángulo de tono, pero fue estadísticamente igual al de 'Burtons', selección 260, 'Campas', 'White' y selecciones Carapan y 256 y estadísticamente diferente al del cv. Cortés II 31 (Cuadro 5).

d) Cambios de color (ΔE)

Al segundo día no hubo diferencias estadísticas significativas en el incremento de color en la epidermis del fruto del chirimoyo. Al segundo día el mayor valor de incremento del color se obtuvo en la selección 9651, el cual fue estadísticamente igual al del resto de los genotipos a excepción de la selección Selene, la cual tuvo el menor valor (Cuadro

6). El cambio de color es, una de las señales externas, que indica la madurez de consumo de los frutos. El estudio indica que los cambios de color de los frutos difiere entre cultivares, lo que puede ser una característica, definitivamente genética, donde las condiciones ambientales, principalmente la temperatura, influye, acelerando o retardando dicho cambio. El color es una de las características de los frutos que se toma en cuenta como índice de cosecha (Gardiazabal y Rosenberg, 1993) y también de madurez para consumo, lo que muestra su importancia. Uno de los problemas más importantes para el mercadeo de la fruta de la especie es que en pocos días y conforme madura la piel cambia de color de verde hacia uno café con diferentes intensidades, evento que puede estar asociado a la acción de enzimas tales como la polifenol-oxidasa (Martínez-Calluela *et al.*, 1998) y la degradación de clorofilas (Martínez *et al.*, 1993).

Producción de etileno y CO₂

Al primer día la selección 260 fue la que estadísticamente produjo mayor volumen de etileno en contraste con la selección 196. El cv. Cortés II 31 fue estadísticamente igual en producción de etileno a la selecciones 260 y al cv. Cortés II 31. Al segundo día la selección 260 mantiene su producción de etileno y difiere estadísticamente de los otros dos genotipos, los que produjeron menos etileno. Al tercero, cuarto, quinto, séptimo y octavo día los tres genotipos produjeron estadísticamente el mismo volumen de etileno. Al sexto día de evaluación fue la selección 196 la que produjo significativamente el mayor nivel de etileno en contraste con el cv. Cortés II 31. La selección 260 fue estadísticamente igual tanto a la selección 196 como al cv. Cortés II 31 (Figura 1). ‘Cortés II 31’ tuvo un aumento característico en la producción de etileno del fruto climatérico al quinto día, la selección 260 al tercer día, en tanto que la selección 196 llegó a producir mayor respiración al día cinco, lo que es un indicador del proceso de maduración diferencial.

Cuadro 3. Medias de cambios de luminosidad (L) en la epidermis de frutos de 11 selecciones y cultivares de chirimoya (*Annona chirimola* Mill.) durante su proceso de maduración a temperatura ambiente.

DÍAS DE EVALUACIÓN EN POSCOSECHA		SELECCIÓN O CULTIVAR										
		'S-9651'	'White'	S-Selene	'Campas'	S-Carapan	S-260	'Burtons'	'Cortes II-31'	S-256	'S-9651'	'White'
0		58.48 a ¹	52.81 b	52.35 b	51.94 bc	51.91 bc	50.36 bcd	50.19 bcd	49.59 bcd	48.97 bcd	58.48 a	52.81 b
2		55.38 a	52.79 ab	51.50 abcd	49.48 bcd	52.45 abc	47.46 cd	50.22 bcd	49.30 bcd	50.46 abcd	55.38 a	52.79 ab
4		52.37 ab	50.67 ab	53.27 a	46.39 b	51.34 ab	46.88 ab	46.82 ab	49.35 ab	51.99 ab	52.37 ab	50.67 ab
6		43.53 cd	44.95 bcd	51.64 a	50.21 ab	48.80 abc	42.19 cd	42.09 d	43.70 bcd	46.33 abcd	43.53 cd	44.95 bcd

¹ Medias con la misma letra por columna son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey al nivel de $P \leq 0.05$

Cuadro 4. Cambios en la pureza de color entre las 11 accesiones durante los 6 días de evaluación de frutos de chirimoyo (*Annona chirimola* Mill.).

DÍAS DE EVALUACIÓN EN POSCOSECHA		SELECCIÓN O CULTIVAR										
		S-9651	'White'	'Cortés II 31'	'Campas'	S-Selene	S-260	'Burtons'	S-266	S-Carapan	S-256	S-196
0		39.32 a	35.10 ab	32.22 bc	32.17 bc	30.93 bcd	29.37 cd	28.75 cd	28.62 cd	28.38 cd	27.50 cd	26.59 d
2		36.19 a	31.90 ab	29.57 bc	27.82 bc	29.10 bc	26.14 c	29.20 bc	28.45 bc	28.87 bc	29.45 bc	25.50 c
4		31.23 a	28.80 ab	29.79 ab	29.43 ab	29.85 ab	23.80 b	25.51 ab	28.93 ab	27.14 ab	29.83 ab	25.09 ab
6		24.24 abc	27.16 ab	23.49 abc	26.73 ab	27.48 a	20.46 c	21.18 bc	26.41 abc	24.93 abc	23.62 abc	21.69 abc

¹ Medias con la misma letra por columna son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey al nivel de $P \leq 0.05$

Cuadro 5. Cambios en ángulo de tono (Hue) en fruto de 11 selecciones y cultivares de chirimoya evaluados durante su proceso de maduración a temperatura ambiente (20±2 °C).

DÍAS DE EVALUACIÓN EN POSCOECHA		SELECCIÓN O CULTIVAR									
		S-196	'Burtons'	S-260	'Campas'	'White'	S-Carapan	S-256	S-266	S-Selene	'Cortés II-31'
0		-71.10 a ^y	-71.39 a	-67.15 a	-56.66 a	-56.02 a	-70.77 a	-71.50 a	-61.85 a	-74.38 a	-75.83 a
2		-67.40 a	-69.18 ab	-69.26 ab	-70.32 ab	-72.55 abc	-72.66 abc	-72.91 abc	-76.27 bc	-76.78 bc	-79.90 c
4		-40.72 a	-40.60 a	-72.91 a	-75.33 a	-48.87 a	-71.95 a	-75.73 a	-79.65 a	-76.84 a	-78.48 a
6		-26.71 ab	-16.76 ab	-59.02 ab	-78.32 b	-00.57 ab	-44.98 ab	-76.55 b	-79.53 b	-81.33 b	33.83 a

^y Medias con la misma letra por columna son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey al nivel de $P \leq 0.05$

Cuadro 6. Medias de cambios de color (ΔE) de frutos de 11 cultivares de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) durante la maduración

DÍAS DE EVALUACIÓN EN POSCOECHA		SELECCIÓN O CULTIVAR									
		S-9651	'Campas'	'White'	'Burtons'	S-260	S-196	S-256	S-266	S-Carapan	'Cortés II 31'
0		6.23 a ^y	9.15 a	7.40 a	5.31 a	7.38 a	3.92 a	8.51 a	5.85 a	4.07 a	5.51 a
2		12.31 a	11.27 ab	11.23 ab	9.886 ab	8.154 ab	7.096 ab	6.635 ab	5.427 ab	5.071 ab	4.513 ab
4		24.29 a	9.24 bc	16.14 ab	13.79 bc	13.84 bc	9.79 bc	8.00 bc	6.15 c	7.70 bc	13.41 bc
6		S-9651	'Campas'	'White'	'Burtons'	S-260	S-196	S-256	S-266	S-Carapan	'Cortés II 31'
											S-Selene

^y Medias con la misma letra por columna son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey al nivel de $P \leq 0.05$

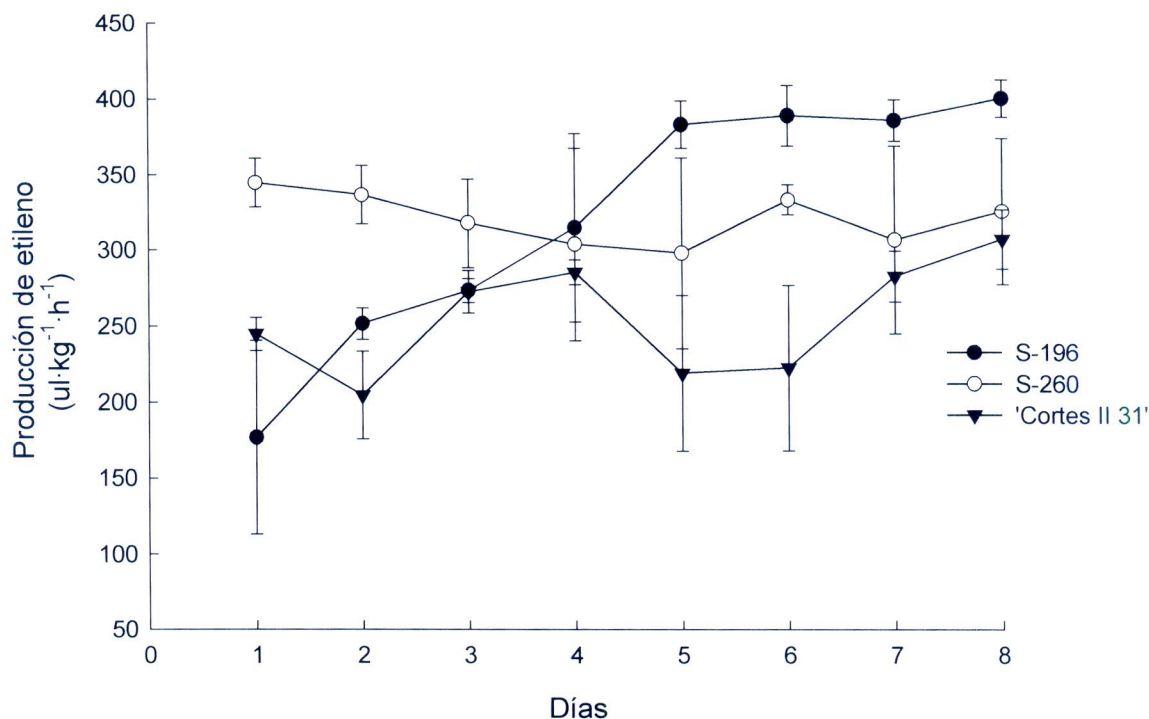


Figura 1. Producción de etileno en frutos de tres genotipos de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) en poscosecha

El patrón de respiración fue diferente entre genotipos, lo que indica diferencias en su maduración y vida en poscosecha, lo que es una desventaja para la comercialización de frutos de chirimoyo ya que mientras unos maduran a los tres días, acortando los tiempos para el transporte y comercialización, los frutos de otros genotipos maduran hasta los seis días. Los resultados obtenidos concuerdan con los de Kader y Arpaia (2000) quienes señalan que los frutos de *Annona cherimola* Mill. son climatéricos y producen altos niveles de etileno durante su maduración a 20 °C (arriba de 100-300 $\mu\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) y el CO_2 varía en función de la temperatura, produciendo entre 75 a 250 $\text{mg CO}_2\cdot\text{kg}\cdot\text{h}$ a 20 °C, dependiendo del cultivar.

Durante los tres primeros días los frutos de los tres genotipos aumentaron su respiración, luego una reducción al cuarto día, registrando un segundo aumento al quinto día en la selección 196 y 'Cortés II 31'(Figura 2).

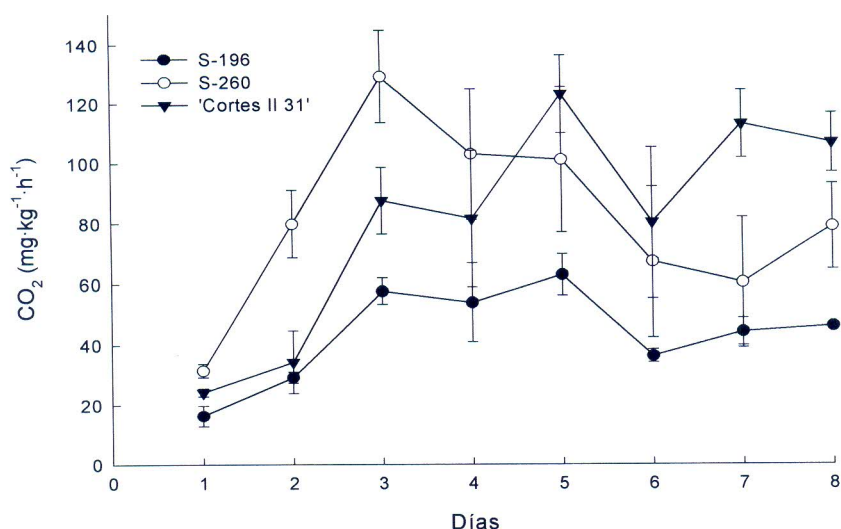


Figura 2. Producción de CO₂ en frutos de tres genotipos de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) en poscosecha.

En la conjugación de los caracteres favorables señalados los más importantes de tomar en cuenta para el manejo poscosecha podemos señalar que las selecciones 256, 266, 196 y los cvs. Cortés y Campas fueron los mejores en cuanto a su comportamiento en poscosecha al reunir el mayor número de características favorables, los que puede ser de utilidad para fines de manejo o para el mejoramiento genético.

CONCLUSIONES

1. Los cvs. Campas, Cortés II 31 y las selecciones 266 y 256 fueron los que perdieron menor porcentaje de peso en poscosecha. Las selecciones 196, 256 y los cvs. Cortés II 31 y White destacaron por tener mayor firmeza de cáscara al penetrómetro. Las selecciones Carapan y 266 tuvieron mayor contenido de sólidos solubles totales (26.4 y 24.76 °Brix, respectivamente). Los cvs. Cortés II 31, Campas y las selecciones 196 y 260 resultaron con el pH más alto.
2. El patrón de maduración varía entre selecciones y cultivares de chirimoyo evaluados.

LITERATURA CITADA

- ANDRÉS-AGUSTÍN, J. 1997. El cultivo del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) en el Estado de Michoacán, México. Proc. Amer. Soc. Trop. Hort. 41: 152-161.
- ANÓNIMO.1990. Official Methods of Analysis of Association Official Analytical Chemist. 13rd edition. Washington, D.C. pp. 336-371.
- BERGER, H. 1975. Índices y estándares de madurez e importancia en poscosecha de frutas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. Publicaciones Misceláneas Agrícolas 9: 59-64.
- BROWN, B.I.; WONG, L.S.;GEORGE, A.P.;NISSEN, R. 1998. Comparative studies on the posharvest physiology of fruit from different species of *Annona* (custard apple). Jour. Hort. Sci. 63(3):521-8.
- ELLSTRAND, N. C. 1997. Cultivars characteristics. Chapter 3, pp 2-9. In: The Cherimoya Handbook. California Cherimoya Association (ed.). Department of Botany and Plant Science.University of California. Riverside, CA. USA.
- GARDIAZABAL, I. F.; CANO, L.G. 1999. Caracterización de 10 cultivares de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) y su respuesta a la polinización artificial en Quillota, Chile. Acta Horticultura 497: 239-253.
- GARDIAZABAL, I. F.; ROSENBERG, M.G. 1993. El Cultivo del Chirimoyo. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile. pp. 29-53.
- GONZÁLEZ, R. 1991. Estudio de material vegetal en el banco de germoplasma de chirimoyo en la estación Experimental "La Mayora". E.U.I.T.A. Sevilla, España. 208 p.
- GUTIÉRREZ, M.; LAHOZ, J.M.; SOLA, M.M; PASCUAL, L.; VARGAS, A.M. 1994. Postharvest changes in total soluble solids and tissue pH of chirimoya fruit stored at chilling and non-chilling temperatures. J. Hort. Sci. 69(3): 459-463.
- HERMOSO-GONZÁLEZ, J.M.; PÉREZ DE OTEYZA, M.A.; RUIZ-NIETO, A.; FARRÉ-MASSIP, J.M. 1999. El banco español de germoplasma de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). Acta Horticulturae 497:239-253.
- KADER, A.A.; ARPAIA, M.L.2000. Cherimoya, atemoya and sweetsop. Recommendations for maintaining postharvest quality. Produce Facts. UC Perishables Handling Quarterly. No. 97. Davis, CA. pp. 17-18.
- KAWAMATA, S. 1977. Studies on determining the sugar composition of fruits by gas liquid chromatography. Bulletin of the Horticultural Experiment Station of Tokyo 10: 53-67.

- LIMA, C.L.C.; SANTIAGO, A.D.; ALBURQUERQUE, M.M.; LIMA, G.P.; CATANEO, A. 1999. Poscosecha de la anona (*Annona squamosa*), p.78. In: Memorias II Congreso Nacional de Anonáceas. Tuxtla Gutiérrez, Chis. México.
- MARTÍNEZ-CALLUELA, M.; SÁNCHEZ DE MEDINA, L.; FAUS, M. J.; GIL, A. 1998. Chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) polyphenoloxidase: monophenolase and dihydroxyphenolase activities. Jour. Food Sci. 53(4): 1191-1193.
- MARTÍNEZ, G.; PRETEL, M.T.; SERRANO, M. AND RIQUELME, F. 1993. Evolution of resistance to gas diffusion during cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) ripening. HortScience 28:204-206.
- RICHARSON, A.; ANDERSON, R. 1993. A detailed evaluation of cherimoya cultivars. The Orchardist of New Zeland. July 1993. pp. 28-30.
- WILLS, R.B.H.; POI, A.; GREEFIELD, H. 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.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, Y.D. 1998. Introducción a la Fisiología y Manipulación de Frutas, Hortalizas y Plantas Ornamentales. Segunda edición. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp. 76-81

**V. FRIGOCONSERVACIÓN DE FRUTOS DE CHIRIMOYO (*Annona cherimola*
Mill.) EN POSTCOSECHA**

FRIGOCONSERVACIÓN DE FRUTOS DE CHIRIMOYO (*Annona cherimola* Mill.) EN POSTCOSECHA

J. Andrés-Agustín¹; M. T. Martínez-Damián² R. Nieto-Ángel²; A. F. Barrientos-Priego²; F. González-Andrés³; S. D. Segura-Ledesma²

¹CRUCO-Universidad Autónoma Chapingo. Av. Periférico Independencia Pte. No.1000. C.P. 58000. Morelia, Michoacán, MÉXICO. Correo-e: jandres5@hotmail.com

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México, MÉXICO.

³Departamento de Ingeniería Agraria, Universidad de León, León, España.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos de diferentes días de almacenamiento a 10 °C a humedad relativa de 60±5 % y uso de cubiertas plásticas sobre la conservación de frutos de chirimoyo cv. Cortés II 31. Se aplicaron cuatro tratamientos cada uno en cuatro frutos del mismo cultivar: temperatura ambiente y 10 °C, con envoltura y sin envoltura plástica, fechas de salida inicial (0), 7, 14 y 21 días, colocándolos después a temperatura ambiente con evaluaciones: día inicial (0), dos, cuatro y seis días, evaluando cuatro frutos por tratamiento. Se evaluaron las siguientes variables: pérdida de peso, cambio de color, acidez titulable (ácido málico), vitamina C, azúcares totales, respiración (CO₂), producción etileno y porcentaje de madurez de consumo. Los resultados indicaron que la cubierta plástica y la refrigeración reducen el porcentaje de pérdida de peso de los frutos; aumentando este parámetro en la medida que pasan los días en condiciones ambientales. Los sólidos solubles totales, azúcares totales y pH aumentaron, en tanto que la acidez titulable y la vitamina C disminuyeron a mayor número de días de refrigeración de los frutos. El porcentaje de maduración a temperatura ambiente resultó aceptable en los frutos con 14 días de almacenamiento refrigerado, sin embargo a los 21 días se acentuaron los desórdenes fisiológicos y la cubierta plástica intensificó los daños por frío.

PLABRAS CLAVE ADICIONALES: *Annona cherimola*, maduración, respiración.

COLD STORAGE EFFECTS ON POSTHARVEST CONSERVATION IN CHERIMOYA (*Annona cherimola* Mill.) cv. CORTÉS II 31

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effects of different days of cold storage (10 °C) and the use of plastic cover on the conservation of cherimoya fruits cv. Cortés II 31. Four treatments were applied each one in four fruits: ambient temperature and chilling to 10 °C, with cover and without plastic cover, initial (0), 7, 14 and 21 days of chilling, evaluations: initial (0), two, four and six days. They evaluated the following characteristics: loss of weight, change of color, titratable acidity (malic acid), vitamin C, total sugars, respiration rate (CO₂), production ethylene and percentage of ripening. The results indicated that the plastic cover and the refrigeration reduce the percentage of fruit weight loss but this parameter increases with the days under environmental conditions. The total soluble solids, total sugars and pH increased, but the malic acid and the vitamin C decreased with the days of refrigeration of fruits. The percentage of ripening was normal in the fruits with 14 days of refrigerated storage, however to the 21 days the physiologic disorders were increasing and the plastic cover intensified this damage.

KEY WORDS: *Annona cherimola*, ripening, respiration.

INTRODUCCIÓN

La chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) es una fruta de clima subtropical y constituye una de las cuatro especies del género *Annona* que se cultiva en forma doméstica por la calidad de sus frutos, es de tipo climatérico y su fruto es un sincarpio constituido por la fusión de varios carpelos simples con una semilla en su interior y ordenados en una espiral sobre un receptáculo o tálamio que cuando el fruto madura, toma una consistencia blanda y esponjosa (Undurraga-Martínez *et al.*, 1998). Una vez que la fruta ha alcanzado algunos de los índices de madurez fisiológica o combinación de índices, se procede a la cosecha, la que debe manejarse con mucho cuidado. Una vez desprendida la fruta del árbol, evoluciona hacia la madurez de consumo, requiriendo en todo momento, manipuleo cuidadoso, ya que conjuntamente con el ablandamiento, comienza a elevar los contenidos volátiles, entre los que tenemos el aroma y una fuerte cantidad de etileno que acelera la maduración (Undurraga-Martínez *et al.*, 1998). La demanda de fruta del chirimoyo a nivel mundial ha ido en aumento en los últimos años, debido a su excelente sabor, existiendo también posibilidades de mercado en los Estados Unidos y Europa, aunque todavía muy limitado por su corta vida de anaquel que es de menos de una semana (Gutiérrez *et al.*, 1994).

Estudios con frutos de *Annonaceae* muestran que tienen una corta vida al ser almacenados a 20 °C (Brown *et al.*, 1988). La principal técnica de conservación es en refrigeración, aunque aplicaciones de otras técnicas como el encerado, absorbedores de etileno o atmósfera modificada, también contribuyen a la conservación (Undurraga-Martínez *et al.*, 1998). Si bien el almacenamiento de frutos de chirimoyo a diferentes temperaturas, humedad, presión, y CO₂ y O₂ retardan la maduración, se ha observado que los frutos al someterlos a condiciones ambientales (20-22 °C), puede manifestarse la fermentación, lo que provoca que el fruto no pueda consumirse (Lahoz *et al.*, 1993). El almacenamiento en refrigeración es efectivo para prolongar la vida poscosecha de los frutos del chirimoyo, aunque no resiste temperaturas por debajo de 8-10 °C ya que presenta síntomas de daño por frío (Gutiérrez *et al.*, 1992; Fuster y Prestamo, 1980). Se sabe que frutos de la familia *Annonaceae*, al igual que otros frutos subtropicales y tropicales, son sensibles a daños por frío. Los síntomas de daño por frío en frutos del

chirimoyo aparecen como oscurecimientos en la piel, fallas en maduración, decoloración de la pulpa y la aparición de manchas rosas pálidas alrededor de las semillas (Gutiérrez *et al.*, 1992).

La susceptibilidad a daños por frío en el fruto de chirimoyo, varían dependiendo del cultivar (Fuster y Prestamo, 1980). Cuando los frutos se colocan a 22 °C exhiben una maduración climatérica típica caracterizada por un pico de producción de etileno llegando a la senescencia (Lahoz *et al.*, 1993). Se observa una rápida conversión de almidón hacia azúcares solubles y ácidos orgánicos, permitiendo la determinación del contenido de sólidos solubles totales y pH, como una manera fácil de evaluar la maduración del fruto. Los cambios en el color de la piel de verde oscuro a verde amarillento son los indicadores primarios de la maduración del fruto de chirimoyo. La temperatura óptima de almacenamiento varía de 8-12 °C y la humedad relativa de entre 90-95 %, dependiendo del cultivar, grado de maduración del mismo fruto (Kader y Arpaia, 2000). En México se están generando selecciones y como ha sucedido el cv. Cortés II 31, que presenta el cual reúne muchas características agronómicas favorables, sin embargo, no se conocen de su comportamiento en poscosecha. Por lo anterior en la presente investigación se planteó como objetivo, evaluar el comportamiento de maduración en poscosecha del cv. Cortés II 31 en refrigeración y uso de películas plásticas en la maduración de los frutos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos del cv. Cortés II 31 fueron cosechados con base al índice de cambio de color de la epidermis del fruto (de verde opaco a verde brillante) en Jujacato, Michoacán. El trabajo de investigación se realizó en laboratorio donde se sometieron a tratamientos de refrigeración siguiente: temperatura ambiente y refrigeración a 10 °C, con y sin envoltura plástica (OMNIFILM: densidad de 0.908-0.909 g·cm⁻³ y un grosor de 2.25 µm, presenta barrera a 25 °C y una atmósfera de presión al oxígeno: 500 cm³·m⁻² en 24 h, al dióxido de carbono: 2,500 cm³·m⁻² en 24 h, al vapor de agua: 1.0 g·m⁻² en 24 h de los frutos). Los frutos se refrigeraron por 0, 7, 14, 21, después se colocaron a temperatura ambiente (20±2 °C), evaluando los caracteres de maduración al inicio, 2, 4, 6 días. En

cada tratamiento se utilizaron cuatro frutos. El análisis estadístico fue un completamente al azar con arreglo factorial 2x4x4, utilizando la prueba de Tukey al nivel de $P \leq 0.05$ con el programa SAS (Statistic Analysis System). Se evaluaron los cambios color, pérdida de peso, pH, acidez titulable (ácido málico), contenido de vitamina C, azúcares totales, sólidos solubles totales, liberación de CO₂ y de etileno y el porcentaje de maduración. A excepción del CO₂ y el etileno que se evaluaron diariamente, los otros caracteres se evaluaron cada 48 horas.

El cambio de color se determinó con el colorímetro manual Color Tec PCM en dos puntos fijos de la epidermis, el cual indica la lectura del color por tres variables: L, a, b. El valor “L” se refiere a la brillantez o luminosidad, y toma valores de 0 %, para colores totalmente oscuros, hasta 100 %, expresando colores de máxima brillantez; “a” se refiere a tonalidades que van desde el color verde (-) hasta el rojo (+), y “b” se refiere a colores que van desde el azul (-) hasta el amarillo (+). Los cambios de color se determinaron mediante los siguientes parámetros:

- a) Índice de saturación (Chroma). Indica la pureza del color y se obtuvo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Pureza = \sqrt{a^2 + b^2}$$

- b) El ángulo de tono (Hue) evaluó si el color es verde, rojo, amarillo o azul y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Hue = \tan^{-1} \frac{b}{a}$$

- c) El cambio de color en la piel del fruto (ΔE) se determinó con la siguiente ecuación:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Donde:

ΔL = valor “L Hunter” final-valor “L Hunter” inicial

Δa = valor “a Hunter” final-valor “a Hunter” inicial

Δb = valor “b Hunter” final-valor “b Hunter” inicial

El peso individual del fruto se determinó con una balanza de precisión electrónica Metler PS de 15 kg de capacidad. Se determinó el porcentaje de la pérdida fisiológica de peso mediante la siguiente ecuación:

$$PFP (\%) = \frac{100 (P_i - P_f)}{P_f}$$

Donde: PFP, pérdida fisiológica de peso; Pi, peso inicial del fruto; Pf, Peso final (peso en cada fecha)

Para determinar la acidez titulable, y los sólidos solubles totales se utilizó el método de análisis de la A.O.A.C (Anónimo, 1990), para lo cual se tomaron 10 g de pulpa congelada; se homogeneizó con 50 ml de agua destilada y se anotó el volumen total. Después se filtró y se evaluó el contenido de los SST con el refractrómetro manual (°Brix) (considerando factor de dilución), colocando dos gotas de jugo de la pulpa y con la misma muestra preparada se evaluó el pH con el potenciómetro. De la misma solución se tomó una alícuota de 10 ml y se agregaron dos gotas (60 µl) de fenoftaleina; se tituló con hidróxido de sodio 0.05 N, hasta obtener un color rosa, anotando los mililitros utilizados para evaluar la acidez titulable (ácido málico). Los SST se ajustaron con el siguiente factor de dilución:

$$F. D. = \frac{50}{10} = \frac{\text{ml de agua destilada}}{\text{g, peso de la muestra}} = 5$$

Donde:

F.D.= factor de dilución

El ácido málico se determinó mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Ácido Málico (\%)} = \frac{\text{gasto NaOH (ml)} \times 0.1 \text{ N} \times 0.067 \text{ Meq ácido málico} \times \text{vol. total} \times 100}{\text{Peso muestra (g)} \times \text{Vol. alícuota (ml)}}$$

El patrón de maduración de los frutos de chirimoyo se evaluaron diariamente durante ocho días, considerando la textura (número de frutos duros, cambiantes y suaves o maduros) mediante la media ponderada del porcentaje de maduración.

La vitamina C se determinó mediante el método de Tillman (Anónimo, 1980) para lo cual se tomaron cuatro muestras de 50 g de pulpa por fruto y se colocaron en ultra-congelación en refrigerador (-69°C) para evitar pérdida por almacenamiento y determinar posteriormente la vitaminas C. Se empleó la metodología siguiente: 1) Preparación de la solución de Tillman al 2 %. Se disolvieron 100 mg de 2,6 diclorofenol-indol (DCFI) en pequeñas porciones de agua destilada (100 ó 200 ml) a 60 ° C y se filtró hasta alcanzar un volumen de 400 ml en donde se le agregaron 250 mg de bicarbonato de sodio (NaHCO₃); se filtró y aforó a 1000 ml 2. La solución de ácido oxálico se preparó al 0.5 % disolviendo 5 g de ácido ascórbico. Se tomó una alícuota de 5 ml de solución patrón a diferentes concentraciones y se tituló para elaborar una curva

patrón. De la muestra de pulpa se tomaron 10 g y se homogenizó con 50 ml de ácido oxálico (0.5 %). Se extrajo una alícuota de 5 ml de la solución anterior y se tituló con solución de Tillman hasta que el color rosa permaneció visible por 1 minuto, anotando el gasto de DCPIP. El contenido de vitamina C se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{vitamina C (mg)} = \frac{\text{Gasto DCFI} \times 0.133}{\text{Vol. alícuota (ml)}} \times \frac{\text{Volumen total} \times 100}{\text{Peso muestra (g)}} \times \text{FD}$$

El contenido de azúcares totales se cuantificó por el método de Antrona, el cual estima los carbohidratos solubles totales, cuya reacción ocurre con mono, di y polisacáridos, dextras, dextranas, almidones, gomas y glucósidos, produciendo un color azul; aunque el color producido no es el mismo para los diferentes carbohidratos (Witham *et al*, 1971).

a) Reactivo de Antrona. Se adicionaron 660 ml de ácido sulfúrico concentrado a 340 ml de agua destilada, teniendo el recipiente dentro del agua por el desprendimiento del elevado calor, se agregó después 10 g de tiourea y 0.5 g de Antrona, agitando constantemente.

b) Obtención de muestras. Se guardaron 5 gramos de pulpa finamente picada en frascos Gerber adicionando 30 ml de alcohol al 80 %, se hirvió durante 5-10 minutos para la fijación de azúcares totales y se guardaron las muestras en refrigeración. Posteriormente se definió la curva patrón con concentraciones conocidas de glucosa a 300 µg/100 ml. De esta solución se hicieron diluciones y se tomó una alícuota de 1 ml, agregando 10 ml de Antrona en cada tubo de ensaye, incluyendo un tubo patrón (solo 1 ml de agua destilada y 10 ml de Antrona). Se hirvió durante 10 minutos en tubos de ensaye de 25 ml y posteriormente se tomaron las lecturas en el colorímetro Spectronic a 630 nm.

La liberación de CO₂ y producción de etileno como parte de la respiración se evaluó por el método de recipiente cerrado herméticamente (campana de cristal), de volumen conocido, se colocaron cuatro frutos durante una hora. Se extrajeron 7 ml de muestra de gases con una jeringa hipodérmica de 10 ml de capacidad, inyectando la muestra tomada en tubos cerrados al vacío (vacutainers). Para determinar el contenido de etileno y CO₂ de cada muestra se tomó 1 ml, mismo que fue inyectado en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 Serie II con las siguientes características: columna empacada tipo

abierta con capa porosa de sílica fundida (PLOT) y fase estacionaria paraploteo 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 y un detector de ionización de flama (FID) y otro de conductividad térmica (TC). Las determinaciones de los gases se llevó a cabo mediante las ecuaciones siguientes:

$$CO_2(mg \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}) = \left[\frac{CO_2(\%)}{100} \right] \left[\frac{Vol. espacio libre (ml)}{peso muestra (kg)} \right] \left[\frac{1}{tiempo (h)} \right]$$

$$C_2H_4 (\mu l \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}) = \left[\frac{C_2H_4 (mg) muestra}{peso muestra (kg)} \right] \left[\frac{tiempo (h)}{peso muestra (kg)} \right]$$

Al concluir con la obtención de datos éstos se analizaron mediante el Programa SAS ver.8 y la separación de medias de Tukey al nivel de $P \leq 0.01$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de peso

Se encontraron diferencias significativas por el efecto de temperatura, días de almacenamiento, días de evaluación e interacciones de temperatura por envoltura sobre el porcentaje de pérdida de peso. El menor porcentaje de pérdida de peso se presentó con la refrigeración de los frutos a 10 °C (2.28 %) y el mayor porcentaje a temperatura ambiente (2.70 %). El porcentaje de pérdida de peso aumentó gradualmente a mayor número de días de almacenamiento refrigerado (fechas de salida), siendo significativamente mayor a los 21 días (3.95 %) y menor a los 7 y 14 días (2.70 y 3.15 %, respectivamente) (Cuadro 1). Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la utilidad de la frigoconservación de frutos de chirimoyo, sin embargo, a medida que aumentan los días de almacenamiento en refrigeración el porcentaje de pérdida de peso aumenta gradualmente debido probablemente a que el metabolismo del fruto no se detiene en su totalidad, sólo se reduce. Este resultado concuerda con los obtenidos por

Undurraga-Martínez *et al.* (1998) quienes observaron en el cv. Concha Lisa pierde el 2.0 % de peso y además señalan que ésta fue mínima, para posteriormente incrementarse a 6.3 % a los 42 días de almacenaje, lo que indudablemente afectó la calidad organoléptica, en tanto que a 9.0 % se presentaron síntomas visuales de los daños por la pérdida de agua en frutos de chirimoyo.

De igual forma la envoltura plástica también redujo significativamente la pérdida de peso (1.02 %) en contraste con los frutos sin envoltura (3.97 %), lo que muestra el efecto benéfico para la conservación de frutos de chirimoyo, debido a que la aplicación de las películas plásticas y ceras cubren la cutícula y evitan la pérdida de agua por la epidermis de los frutos, controlando o disminuyendo el proceso respiratorio y degradación de los compuestos orgánicos y por lo tanto disminuye el deterioro de las frutas almacenadas (Banks, 1984).

Por otro lado, se encontró que la pérdida de peso aumentó gradualmente con los días de evaluación, una vez que los frutos fueron extraídos del almacenamiento en frío y colocados a temperatura ambiente, la cual mostró significativamente mayor porcentaje de pérdida de peso al sexto día (4.79 %), en contraste al segundo día que fue menor (1.68 %). La pérdida de peso se debe principalmente a la pérdida de agua, determinadas por el sistema dérmico de los productos hortícolas, que incluye la cutícula, células epidérmicas, lenticelas y tricomas. La pérdida de agua de los frutos está determinada por factores internos y externos (temperatura, humedad relativa, viento y presión atmosférica) (Kader, 2002).

Estos resultados evidencian la utilidad de la refrigeración y de las películas plásticas para la conservación de los frutos de chirimoyo, disminuyendo la pérdida de peso, sin embargo, el almacenaje prolongado de los frutos de chirimoyo, está limitado por su alta susceptibilidad a daños por frío y a trastornos fisiológicos, sin que ello se encuentre asociado a un agente patógeno (Alique *et al.* , 1994). Junto con los desórdenes fisiológicos, generalmente está asociado a bajas temperaturas, que se manifiestan con necróticas, moteado y pardeamiento epidermal (Undurraga-Martínez *et al.*, 1998), síntomas que fueron visibles a los 21 días de almacenamiento.

Cuadro 1. Efecto de la temperatura, fecha de salida, envoltura plástica y días a evaluación sobre el porcentaje de pérdida de peso en frutos de chirimoya cv. Cortés II 31.

FACTOR	NIVEL	PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO	DMS _{0.05}
Temperatura	Ambiente	2.70 a ^y	
	10 °C	2.28 b	0.28
Fecha de salida	0	0.00 c	
	7	2.70 b	
	14	3.15 b	
	21	3.95 a	0.66
Envoltura	Sin envoltura	3.97 a	
	Con envoltura	1.02 b	0.28
Día de evaluación	0	0.00 d	
	2	1.68 c	
	4	3.51 b	
	6	4.79 a	0.53
Interacciones	Envoltura · día de evaluación	**	
	Temperatura · envoltura	NS	
	Temperatura · día de evaluación	NS	
	Temperatura · envoltura · día de evaluación	NS	

^y Medias con la misma letra por hilera son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey al nivel de significancia : **, $P \leq 0.01$; NS, no significativo

Sólidos solubles totales (SST), pH y acidez titulable

Las fechas de salida del almacenamiento refrigerado (10 °C), envoltura plástica, días a evaluación y las interacciones de fecha de salida por día de evaluación y envoltura plástica por día de evaluación, se observaron diferencias altamente significativas sobre el contenido de sólidos solubles totales (SST), pH y ácido málico en frutos de chirimoyo cv. Cortés II 31 (Cuadro 2).

El contenido de SST aumentó significativamente durante los días de almacenamiento en refrigeración, el cual aumentó de 12.93 a 17.93 °Brix del día 0 al día 21, respectivamente; cambio que puede deberse al efecto del frío por la reducción de la tasa respiratoria y la activación de la α -amilasa, la cual acelera la hidrólisis de almidón a azúcares solubles (Loescher *et al.*, 1990). Lizana y Reginato (1990) encontraron un

aumento progresivo de los SST en frutos de chirimoyo hasta el día 7 y después este carácter declinó.

Por su parte, la envoltura no produjo efectos significativos sobre el contenido de SST, en tanto que la evaluación al sexto día resultó significativamente con mayor contenido de SST (15.95 °Brix) en contraste con el día inicial (12.32 °Brix) (Cuadro 2). Al respecto, Wills *et al.* (1998) indican que el cambio más marcado en la composición química de las frutas de las anonas durante la madurez, es la disminución en el contenido de almidón y el aumento de los azúcares en forma progresiva. Estudios de Undurraga-Martínez *et al.* (1998) encontraron en frutos de chirimoyo cv. Concha Lisa, este mismo comportamiento de aumento progresivo en el contenido de SST, el cual aumentó de 9.2 a 18.0 °Brix, carácter que hace posible que el fruto incremente su dulzor, dado por la suma de azúcares tales como la fructosa, glucosa y sacarosa, producto de la hidrólisis del almidón.

El pH fue significativamente más alto al día inicial, seguido por el séptimo día (5.30 y 5.34, respectivamente) y todavía más bajo al día 21 (5.80), lo que indica que la refrigeración de los frutos aumenta el pH. Los frutos sin cubierta plástica presentaron el pH significativamente más alto (5.51) y más bajo los frutos tratados con la cubierta plástica (5.40). En los días de evaluación el pH fue significativamente más alto en los días inicial y siete (5.54 y 5.48, respectivamente) y más bajo al día seis, comportamiento que concuerda con los resultados de Lizana y Reginato (1990), el cual disminuyó gradualmente en el chirimoyo hasta el séptimo día, inversamente es donde se obtiene el máximo contenido de la acidez titulable. Acorde con lo indicado para el pH, el porcentaje de ácido málico disminuyó significativamente del día inicial (0.503) al día 21 (0.404), lo que indica que el almacenamiento en refrigeración disminuye la acidez del fruto de chirimoyo pero aumenta el pH, tal como lo constataron Lizana y Reginato (1990).

Los frutos con envoltura plástica tuvieron significativamente menor acidez titulable (0.439) que los que estuvieron almacenados sin cubierta plástica (0.487). La acidez aumentó significativamente del día inicial (0.430) al día seis (0.503) (Cuadro 2). Este

resultado también es acorde con los de Lizana y Reginato (1990), quienes encontraron aumentos constantes de la acidez durante la madurez de los frutos hasta llegar a un máximo al día siete, después disminuyó.

Cuadro 2. Efecto de fechas de salida de refrigeración (10 °C), envoltura plástica, día de evaluación y las interacciones sobre el contenido de sólidos solubles totales (SST), pH y ácido málico en frutos de chirimoyo cv. Cortés II 31.

FACTOR	NIVEL DE TRATAMIENTOS	SST (°Brix)	pH	ÁCIDO MÁLICO (%)
Fecha de salida	0	12.93 c ^y	5.30 c	0.503 a
	7	13.90 b	5.34 c	0.485 ab
	14	14.29 b	5.46 b	0.447 bc
	21	17.93 a	5.80 a	0.404 c
	DMS 0.05	0.79	0.71	0.044
Envoltura	Sin envoltura	14.61 a	5.51 a	0.487 a
	Con envoltura	14.50 a	5.40 b	0.439 b
	DMS 0.05	0.42	0.038	0.023
Día de evaluación	0	12.32 c	5.54 a	0.430 c
	2	14.44 b	5.48 ab	0.444 bc
	4	15.85 a	5.44 b	0.487 ab
	6	15.95 a	5.33 c	0.503 a
	DMS 0.05	0.79	0.07	0.044
Interacciones	Fecha de salida · envoltura	*	**	NS
	Envoltura · día de evaluación	**	**	*
	Fecha de salida·envoltura·día de evaluación	*	**	*
		NS	NS	NS

^y Medias con la misma letra por hilera son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey al nivel de significancia : **, $P \leq 0.01$; NS, no significativo

La maduración de los frutos de chirimoyo ha sido estudiada por los cambios bioquímicos que se suscitan, entre los que destacan los SST, pH, producción de etileno, contenido de azúcares y el ablandamiento del fruto. Estos resultados coinciden con otros estudios, tales como los de Gutiérrez *et al.* (1994) quienes encontraron un incremento en el contenido de SST en chirimoyo en poscosecha alcanzando un máximo a los 4 días a temperaturas de 22 °C, y después disminuyó. Se ha encontrado que los mayores cambios en la composición del fruto de atemoya, otra especie de *Annona*, también ocurre la disminución de almidón y aumento continuo de la fructosa, glucosa y sacarosa al máximo en el climaterio, así como el aumento del ácido málico a inicios del climaterio y la disminución de vitamina C después del climaterio (Wills *et al.*, 1984).

Luminosidad de color de fruto

Los días de refrigeración (fechas de salida) y los días de evaluación produjeron diferencias significativas sobre la luminosidad de los frutos del cv. Cortés II 31. La epidermis de los frutos a la salida a los 21 días tuvieron significativamente mayor luminosidad que los del día 14, siete y cero días de almacenamiento refrigerado (Cuadro 3). Lo anterior puede ser un efecto de la frigoconservación sobre la brillantez de la epidermis del fruto. Por otro lado, la luminosidad fue significativamente mayor al día inicial y menor al sexto día, lo que indica que a mayor número de días a temperatura ambiente la brillantez de la epidermis del fruto disminuye lo que puede deberse al cambio gradual del color verde brillante hacia un verde más amarillento-parduzco, que pueden experimentar los frutos de chirimoyo en maduración.

Hue

En el color de epidermis indicado por el ángulo hue, los valores cercanos a 90 indican un color amarillo y valores cercanos a 0 indican un color rojo (Minolta, 1994). Los efectos de fecha de salida a los 21 días tuvieron significativamente el hue más alto, el cual corresponde a verde amarillento (18.87) cambio producido por el inicio de la maduración en comparación con las evaluaciones al día cero (-31.10), que corresponde a un verde opaco, en tanto que a los siete y 14 días este valor se ubicó en una posición intermedia. Con relación a los días de evaluación el hue fue significativamente más alto (positivo) a los seis días que al día cero.

Pureza

La pureza del color definida por croma (valores entre 0 y 50), indica que tan vívido o intenso (valores hacia 50) u opaco (valores hacia 0) es un color (Minolta, 1994). Acorde con lo anterior la pureza de color fue significativamente más alto a los 21 días almacenamiento que a los 14, siete y cero, lo que muestra la tendencia de disminución de la pureza o intensidad del color verde hacia una tonalidad de verde-amarillenta y brillante, resultado del inicio de maduración del fruto. En los días de evaluación la pureza tuvo valores más altos al día seis que al día inicial, lo que también indica el cambio de intensidad de color debida a la madurez del fruto (Cuadro 3). Con relación al

cambio de color Undurraga-Martínez *et al.* (1998) indicaron que hay un cambio progresivo en el color, evolucionando desde verde oscuro a una tonalidad amarilla y al término del almacenaje se va tornando de un amarillo-café. Indican que desde los 14 días de almacenaje hay una progresiva evolución del color, que puede deberse a cambios de la madurez, pero también debido a la aparición de alteraciones de la epidermis producto de los desórdenes fisiológicos que pueden detectarse.

El color del fruto es importante para el consumidor ya que cuando estos pierden el color natural verde, puedes ser un indicador de madurez de consumo o de senescencia (sobremaduración) cuando se tornan de color café y ya no son agradables para él. La pérdida del color verde y el oscurecimiento de la piel es un fenómeno asociado con la actividad de la de polifenol oxidasa, cuya actividad se intensifica a la senescencia y por daños por frío aunque este no es un indicador de dichos daños (Gutiérrez *et al.*, 1994) y la degradación de clorofilas (Martínez *et al.*, 1993) y la refrigeración afecta estos cambios, así como los días de maduración.

Cuadro 3. Efecto de fecha de salida de refrigeración (FSR) y día de evaluación (DE) sobre el cambio de hue, pureza e incremento de color (ΔE) en la epidermis de frutos del chirimoyo, cv. Cortés II 31.

FACTOR	NIVEL DE TRATAM.	LUMINOSIDAD (L)	HUE	PUREZA	ΔE
Fecha de salida (días)	0	44.50 b	4.46 ab	23.55 a	8.1 d
	7	46.09 b	18.87 a	24.16 b	12.2 c
	14	47.00 b	-24.99 ab	24.45 b	15.4 b
	21	67.36 a ^y	-31.10 b	27.45 b	23.5 a
	DMS0.05	2.65	46.74	1.89	3.01
Día de evaluación	0	55.22 a	-50.59 c	16.7 d	10.3 c
	2	53.11 ab	-28.55 bc	22.7 c	10.5 c
	4	50.48 b	13.39 ab	27.7 b	14.3 b
	6	39.07 c	42.49 a ^y	30.3 a	20.8 a
	DMS0.05	2.65	46.74	1.89	3.01

^y Medias con la misma letra por hilera son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey al nivel de $P \leq 0.05$

Azúcares totales y vitamina C

Se encontraron diferencias estadísticas significativas de los efectos de días de almacenamiento, envoltura plástica, día de evaluación y la interacción fecha de salida por día de evaluación y fecha de salida por envoltura sobre el contenido de azúcares

totales y vitamina C en frutos de chirimoyo cv. Cortés II 31. Se encontró que los días de almacenamiento a 21 y 14 días tuvieron significativamente mayor contenido de azúcares, en contraste con día inicial y séptimo, lo que puede ser un efecto de la refrigeración a 10 °C sobre el contenido de azúcares totales, similar al contenido de los SST ya presentado (Cuadro 4), aumento que puede deberse a la degradación de azúcares, como lo indica Loescher *et al.* (1990) donde el efecto del frío entre otros cambios bioquímicos probablemente produce una reducción de la tasa respiratoria y en consecuencia, activación de la α -amilasa, enzima que tiene como principal función, la hidrólisis del almidón hacia azúcares solubles.

Por otro lado, los frutos sin envoltura plástica tuvieron significativamente mayor contenido de azúcares totales, que los que no tuvieron esta cubierta, lo que puede deberse al retraso que produce la cubierta plástica en la maduración de fruto. Al sexto día de evaluación, se observó un mayor contenido de azúcares totales que al día inicial, lo que indica que durante el proceso de maduración del fruto existe un aumento de azúcares totales, tal como lo indicaron Wills *et al.* (1998), que cuantitativamente, el cambio más importante está asociado a la maduración de los frutos; es decir de almidón hacia a azúcares, cuyas transformaciones tienen la doble función, de alterar el sabor y la textura del producto, que los hace más dulces y aumenta su aceptabilidad por el consumidor, también la degradación de sustancias pécticas y las hemicelulosas, debilitando las paredes celulares que mantienen unidas unas células de otras, provocando el ablandamiento del fruto y posteriormente su desintegración.

Con relación a la vitamina C, se encontró significativamente mayor contenido al día inicial que a los 21 días de almacenamiento en refrigeración, lo que indica la degradación de este compuesto orgánico a pesar de la refrigeración, como lo afirma Hulme (1970), que en frutos intactos, el sistema enzimático de oxidación del ácido ascórbico es controlado; sin embargo, cuando ocurre una desorganización celular como resultado de un daño mecánico, pudrición o senescencia, se activa la oxidación en mayor escala. No hubo diferencias significativas del efecto de la cubierta plástica sobre el contenido de vitamina C. Al día inicial de evaluación hubo significativamente mayor contenido de vitamina C que a los cuatro y seis días, lo que indica la posible pérdida de

este compuesto orgánico con los días a maduración. Solo hubo efecto interactivo significativo de la fecha de salida por la envoltura plástica (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de fecha de salida, envoltura y día de evaluación sobre el contenido de azúcares totales y vitamina C en frutos del cv. Cortés II 31 de chirimoyo.

FACTOR	NIVEL DE TRATAMIENTO	AZUCARES TOTALES (mg·100 g pulpa)	VITAMINA C (mg·100 g de pulpa)
Fecha de salida	0	17.21 b	4.52 a
	7	17.47 b	2.96 b
	14	23.05 a	2.90 b
	21	23.39 a ^y	2.47 c
	DMS 0.05	2.71	0.39
Envoltura	Sin envoltura	20.99 a ^y	3.26 a
	Con envoltura	19.11 b	3.27 a
	DMS 0.05	1.44	0.21
Día de evaluación	0	18.81 b	4.26 a
	2	18.88 ab	3.51 b
	4	21.31 ab	2.67 c
	6	21.52 a	2.40 c
	DMS 0.05	2.70	0.39
Interacciones	Fecha de salida·envoltura	NS	**
	Fecha de salida·día de evaluación	**	NS
	Envoltura·día de evaluación	NS	NS
	Fecha de salida·envoltura·día de evaluación	**	NS

^y Medias con la misma letra por hilera son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey al nivel de $P \leq 0.01$

Producción de CO₂ y etileno

En el cv. Cortés II 31 se encontraron diferencias significativas en la producción de etileno y CO₂ por efectos de fechas de salida de refrigeración y días de evaluación. El almacenamiento al día inicial, séptimo y 14 días, fueron los que significativamente produjeron menos etileno que los de 14 y 21 días, debido probablemente al efecto catalítico del etileno, ya que los frutos en refrigeración probablemente tuvieron una actividad metabólica en baja escala, lo que provocó una mayor velocidad de maduración una vez que éstos se colocaron a condiciones ambientales y en consecuencia, produjeron más etileno. No hubo diferencias significativas con relación al efecto de los días de evaluación sobre la producción de etileno, aunque se puede notar la tendencia de aumento progresivo con los días de evaluación (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de fecha de salida de refrigeración (10 °C) y día de evaluación sobre la producción de etileno y CO₂ durante su maduración en condiciones ambientales de los frutos de chirimoyo cv. Cortés II 31.

FACTOR	NIVEL DE TRATAM.	ETILENO (μl ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	CO ₂ (mg kg ⁻¹ ·h ⁻¹)
Fecha de salida	0	125.3 a ^y	37.56 c
	7	151.4 a	66.22 b
	14	175.3 ab	74.13 b
	21	185.7 b	106.84 a
	DMS 0.05		
Día de evaluación	1	135.36 a	58.92 a
	2	141.69 a	70.53 a
	3	160.08 a	77.21 a
	4	162.75 a	72.98 a
	5	164.61 a	75.54 a
	6	168.27 a	58.45 a
	7	177.12 a	61.15 a
	DMS 0.05	64.72	47.94

^y Medias con la misma letra por hilera son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey al nivel de $P \leq 0.01$.

Al día inicial existe una baja producción de etileno porque el fruto es climatérico y a medida que pasa el tiempo, la producción de etileno aumenta rápidamente en condiciones ambientales, teniendo un pico máximo al séptimo día, después disminuye. Al respecto Espinosa-Hernández (1999) indica que la chirimoya es un fruto climatérico y tiene la capacidad de madurar en el árbol, registrándose una serie de cambios fisiológicos y bioquímicos que pueden ser monitoreados por la evolución del CO₂ y etileno. La producción de CO₂ muestra dos picos, el primero donde comienza la maduración y 24 horas después es detectado un cambio en la producción de etileno, el cual presenta un pico climatérico dos días después, sin embargo, desde el corte de la fruta se presenta suficiente concentración de etileno (10 mg ó más) que induce a la etapa climatérica, produciendo altos niveles de etileno, tal como lo indicó Kader y Arpaia (2000) que los frutos de *Annona* son climatéricos y producen altos niveles de etileno durante su maduración a 20 °C (arriba de 100-300 μl·k⁻¹·h⁻¹ dependiendo del cultivar).

Por su parte la producción de CO₂ fue significativamente mas alto al día 21 de almacenamiento que a los siete y 14 días y estos a su vez fueron diferentes al día inicial que fue el que registró significativamente la menor producción de CO₂ (Cuadro 5). Lo anterior indicó un aumentó progresivo con los días de almacenamiento lo que puede deberse a los procesos de maduración más rápidos debido a que el fruto sigue un proceso

respiratorio reducido aún en condiciones de refrigeración a 10 °C. La producción de CO₂ significativo en los días de evaluación, aunque la tendencia nos indica la presencia de dos picos máximos de respiración al tercer día y al quinto día, lo que concuerda con lo indicado por Espinosa-Hernández (1999) y Lahoz *et al.* (1991).

Patrón de maduración de frutos de chirimoyo

El número de días promedio transcurridos para la madurez del fruto como efecto de días de almacenamiento a 10 °C y el tratamiento de envoltura plástica tuvieron comportamientos diferentes en su patrón de maduración (Cuadro 6), encontrándose que los frutos almacenados por siete días duraron solamente un día en estado inmaduro con envoltura y sin ella, 3.08 y 2.67 días, respectivamente, para llegar al estado cambiante, en tanto que con envoltura plástica duraron 4.73 días sin envoltura y con envoltura plástica. En la salida a los 14 días de almacenamiento refrigerado, los frutos sin envoltura permanecieron en estado duro 0.49 días y con envoltura 0.70 días; 1.79 y 1.80 días en estado cambiante sin envoltura y con envoltura plástica, respectivamente, en tanto que en estado maduro llegaron a los 4.35 y 4.18 días. La salida a los 21 días los frutos duraron en estado duro solo 0.39 y 0.93 días sin envoltura y con envoltura plástica, respectivamente, 1.56 y 2.82 días en estado cambiantes y 3.59 y 3.88 en estado suave (Cuadro 6).

Los resultados anteriores nos indican que los frutos del chirimoyo tienen una duración menor a un día en estado inmaduro y conforme aumentan los días de almacenamiento a los 21 días, la duración en estado inmaduro es menor, debido a la maduración que puede ocurrir en los frutos almacenados a 10 °C, lo que concuerda con el comportamiento de maduración señalada a través de la respiración y producción de etileno para un fruto climatérico como el chirimoyo sobre su aumento respiratorio rápido. En estado cambiante pueden llegar en promedio ponderado en menos de tres días a la salida a los 7 días, en tanto que a los 21 días este estado se logra entre 1.56 a 2.82 días, notándose el efecto de la envoltura plástica para retrasar este estado. La maduración puede llegar en promedio a los 4.73 días en frutos de la salida a los 7 días, en tanto que a la salida a los 21 días este proceso puede llegar entre 3.59 y 3.88 sin envoltura y con envoltura,

respectivamente, notándose el efecto de la envoltura plástica en un ligero retraso de la maduración de los frutos al reducir el intercambio gaseoso y las actividades metabólicas. Un aspecto importante de hacer notar es que si bien la envoltura plástica permite retrasar ligeramente la madurez de los frutos, a los 21 días de almacenamiento los desórdenes fisiológicos se intensifican con este tratamiento (Cuadro 6).

Cuadro 6. Textura que expresa los días promedio de maduración en frutos del chirimoyo cv. Cortés II 31, después de siete, 14 y 21 días de almacenamiento a 10 °C con envoltura y sin envoltura plástica.

VARIABLES		ESTADO PROMEDIO PONDERADO DE LA TEXTURA DE FRUTOS EN DÍAS		
<u>FECHA DE SALIDA</u>	<u>ENVOLTURA</u>	<u>DUROS</u>	<u>CAMBIANTES</u>	<u>SUAVES</u>
7	Sin envoltura	1.04	3.08	4.73
	Con envoltura	1.00	2.67	4.73
14	Sin envoltura	0.49	1.79	4.35
	Con envoltura	0.70	1.80	4.18
21	Sin envoltura	0.39	1.56	3.59
	Con envoltura	0.93	2.82	3.88

Las respuestas a los daños por frío varían entre cultivares. Al respecto Gadiázabal y Rosenberg (1993), encontraron que los cvs. Bronceada y Concha Lisa, presentan diferencias varietales en su respuesta al frío. Concha Lisa tolera bien temperaturas de almacenaje del orden de 7 a 8 °C, mientras que Bronceada sólo puede ser conservada a 10-11 °C. En México no existen estudios del cv. Cortés II-31 y tampoco de otras selecciones sobre este comportamiento.

Los resultados del estudio confirman que el fruto del chirimoyo cv. Cortés II 31 presenta alta susceptibilidad al daño por frío que se manifiesta en los desórdenes fisiológicos. Undurraga-Martínez *et al.* (1998), estudiaron los orígenes de estos desórdenes en el cv. Concha Lisa, evaluando durante el almacenaje cada siete días: SST, acidez titulable, color de la epidermis, y pérdida de humedad. Una vez aparecidos los desórdenes fisiológicos, los autores realizaron el análisis histológico y descriptivo de ellos, determinando que las alteraciones denominadas “pitting”, moteado y pardeamiento epidermal son secuenciales en el almacenaje y provocan cada una un daño particular en el fruto cuando se almacenan por más de 35 días, que en el cv Cortés II 31 ocurre a desde los 21 días. La evolución de resistencia de la pulpa a la presión, SST y color, ratificaron la pérdida de calidad que sufre la fruta por la aparición de desórdenes

fisiológicos. El almacenaje prolongado de los frutos del chirimoyo esta limitado por su alta susceptibilidad al daño por frío y trastornos fisiológicos, sin ello se encuentre asociado a un agente patógeno (Alique *et al.*, 1994). Entre estos trastornos se han encontrado puntuaciones necróticas, moteado y pardeamiento epidermal (Undurraga-Martínez *et al.*, 1998)

El estudio de conservación mediante refrigeración y uso de películas plásticas permite concluir que logra la conservación apropiada de los frutos hasta los 14 días. Después de este tiempo y para este cultivar los desórdenes fisiológicos se acentúan, más con las películas plásticas, cuando los frutos se colocan a temperatura ambiente. Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de estudiar otras técnicas para lograr una mayor preservación del producto.

CONCLUSIONES

1. La refrigeración a 10 °C y la cubierta plástica lograron conservar los frutos del cv. Cortés II 31 hasta por 14 días sin presencia de desórdenes fisiológicas.
2. Después de 21 días de almacenamiento refrigerado los daños por frío se intensificaron. La película plástica aceleró estos desórdenes fisiológicos.
3. Los sólidos solubles totales y azúcares totales y pH aumentaron, en tanto que la acidez titulable y la vitamina C disminuyeron a mayor número de días de refrigeración de los frutos.
4. La refrigeración y uso de películas plásticas lograron la conservación apropiada de los frutos de chirimoyo cv. Cortés II 31 hasta los 14 días y se recomienda no almacenar por más de este número de días.

LITERATURA CITADA

- ALIQUE, R.; ZAMORANO, P.; CALVO, M.; MERODIO, C.; DE LA PLAZA, J.L.
1994. Tolerance of chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) to the cold storage,
J.Amer, Soc. Hort Sci. 119(3): 524-528.
- ANÓNIMO.1990. Official Methods of Analysis of Association Official Analytical
Chemist. 13rd edition. Washington, D.C. pp. 336-371.
- BANKS, E. 1993.Reducing gas exchange of fruits with surface coatings. Harvest Biol.
Technol. 3: 269-284.
- ESPINOSA-HERNÁNDEZ, E. 1999. Metodología para estudios de fisiología
poscosecha en frutos de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). Universidad
Autónoma Chapingo. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Chapingo,
Méx. 63 p.
- FÚSTER, C.; PRÉSTAMO, G.1980.Variation of chirimoya (*Annona cherimola* Mill.)
texture during storage, as determined with an instron food testing instrument.
Jour.Food Sci. 45: 142-145.
- HULME, A.C. 1970. Vitamins in fruits. pp. 369- 384 .In: The Biochemistry of Fruits
and their Products. Hulme, A.C. (ed.). Vol. I. Academic Press Inc. New York,
N.Y. USA,
- IBAR, L.1979. Aguacate, chirimoyo, Mango, Papaya. Edit. AEDOS. Barcelona, España.
pp.121-144.
- KADER,A.A.; ARPAIA, M.L..2000. Cherimoya Recommendations for Maintaining
Postharvest Quality. Produce Facts. Department of Pomology, University of
California, Davis, CA. 3 p.
- KADER, A. A. 2002. Postharvest biology and technology: an overview. pp: 39-47 In:
Kader, A. A. (ed.). Postharvest technology of horticultural crops. Third edition.
University of California. Agriculture and Natural Resources.
- GARDIAZABAL, I. F.; ROSENBERG, M.G. 1993. El Cultivo del Chirimoyo.
Ediciones Universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso.
Valparaíso, Chile. pp. 29-53.
- GUTIÉRREZ, M.; LAHOZ, J.M.; SOLA, M.M.; PASCUAL, L;VARGAS, A.M.: 1994.
Postharvest changes in total soluble solids and tissue pH of chirimoya fruti
sotored at chilling and non-chilling temperatures. J. Hort. Sci. 69(3): 459-463.
- GUTIERREZ, M.; SOLA, M. M.; PASCUAL, L.;. RODRÍGUEZ-GARCÍA, M. I;
VARGAS, A.M.1992. Ultrastructural changes in chilling-injured chirimoya.
Food Structure 11:323-32.

- LIZANA, L.; REGINATO, G. 1990. Cherimoya. pp. 135-139. *In: Fruits of Tropical and Subtropical Origin. Compositions, Properties and Uses.* Nagy, S.; Shaw, P.E.; Wardowsky, W.F. (eds). Florida Science Source, Inc. Lake Alfred, Florida.
- LAHOZ, J.M.; GUTIÉRREZ, M.; SOLA, M.M.; SALTO, R.; PASCUAL, L.; MARTÍNEZ-CAYUEL, A.M.; VARGAS, A.M. 1993. Ethylene in chirimoya fruti (*Annona cherimola* Mill.) under storage conditions. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 41: 721-723.
- LOESCHER, W.L.T.; MCCAMANT, T.; KELLER, J.D. .1990. Carbohydrate reserves, translocation and storage in woody plant roots. *HortScience* 25(3): 274-80.
- MARTÍNEZ, G.; PRETEL, M.T.; SERRANO, M. ; RIQUELME, F. 1993. Evolution of resistance to gas diffusion during chirimoya (*Annona cherimola*) ripening. *HortScience* 28: 204-206.
- MERODIO, C; DE LA PLAZA, J.L. 1997. Cherimoya. pp. 269-293. *In: S. Mitra* (ed.). *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits.* CAB International, Wallingford, UK.
- MINOLTA. 1994. *Precise Color Communication.* Tokyo, Japan. 49 p.
- PALMA, T.; AGUILERA, J.L.; STANLEY, D.W.. 1993. A review of postharvest events in chirimoya. *Postharvest Biol. Technol.* 2: 187-208.
- UNDURRAGA-MARTÍNEZ, P.; OLAETA-COSCORROSA, J.A.; MAC-LEAN-BERNALES, H. 1998. Identificación y caracterización de desordenes fisiológicos en chirimoyas (*Annona cherimola* Mill.) cv. Concha Lisa en refrigeración. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 4(1): 5-12.
- WILLS, R.B.H.; POI, A.; GREEFIELD, H. 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.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, Y.D. 1998. *Introducción a la Fisiología y Manipulación de Frutas, Hortalizas y Plantas Ornamentales.* Segunda edición. Traducido al español por Justino Burgos González. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp. 76-81.
- WHITHAM, F.H.; BLAYDES, D.F.; DELVLIN, R.M. 1971. *Experiments in plants physiology.* Van Nostrand. Reinhold Company. New York. 245 p.

VI. DISCUSIÓN GENERAL

DISCUSIÓN GENERAL

Caracterización morfológica

Los criterios de selección de cultivares del chirimoyo se han basado, principalmente en las características del fruto. En este sentido, Farré y Hermoso (1986) definieron los criterios siguientes: bajo índice de semillas, alto índice de sólidos solubles totales (superior a 23 °Brix), resistencia de la cáscara del fruto maduro a la presión, resistencia al ataque de mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wied), buena capacidad de conservación, tanto a temperatura ambiente como en frigorífico, maduración escalonada de los diferentes cultivares seleccionados, selección de cultivares de pulpa aromática y semillas sueltas. Estos criterios se han difundido en varios países e investigadores que cuentan con germoplasma del chirimoyo para la selección de cultivares.

En el año 2003 en México se elaboró el primer descriptor de variedades del chirimoyo, el cual fue elaborado conjuntamente por investigadores japoneses y mexicanos, bajo la coordinación del Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA), registrando con este descriptor el primer cultivar mexicano en el año 2003: Cortés II 31. La investigación de los recursos fitogenéticos de *Annona cherimola* Mill. En México se encuentra en marcha, país donde todavía el chirimoyo es poco conocido, aunque para los pobladores rurales de varias regiones subtropicales, es una de las frutas altamente preferidas, lo que ha venido fomentando el cultivo y el mejoramiento genético, y la conservación del germoplasma altamente variable, según los estudios de caracterización morfológica realizados en fruto y actualmente se estudia mediante marcadores moleculares. La caracterización pomológica es útil, sin embargo, a nivel de especie es muy importante definir la variabilidad genética a través de la morfología de órganos y definir aquellos que sean de mayor utilidad para la diferenciación de genotipos.

Los resultados de la presente investigación sugieren, que las variables morfométricas evaluadas en cuatro órganos de *Annona cherimola* Mill. son de utilidad para diferenciar cultivares (genotipos), principalmente el área proyectada de sépalo, los sólidos solubles totales, área de la sección de pétalo, el ángulo de la quinta vena de la hoja, el ángulo

apical y el índice de redondez del limbo; secundariamente los caracteres tales como peso de fruto, longitud de pecíolo, resistencia de la cáscara al penetrómetro, número de venas secundarias y la relación eje ecuatorial/eje polar de fruto, son los caracteres más importantes para diferenciar el germoplasma de chirimoyo. En consecuencia, estos caracteres pueden ser de utilidad para la conjunción de los descriptores y diferenciar selecciones y cultivares del chirimoyo. De los caracteres señalados, la mayoría son independientes. El área foliar y los sólidos solubles totales son más susceptibles de ser afectados por el medio ambiente, aunque se trata de caracteres discriminantes que no deben despreciarse, por lo que el cultivo del material a caracterizar en condiciones edafo-climáticas homogéneas, reduce estos problemas.

A la hora de discutir la conveniencia de utilizar la hoja, flor, fruto y semilla para los descriptores del chirimoyo, es preciso tener en cuenta que la variabilidad genética es muy alta y también la interacción genotipo/ambiente (Ellstrand, 1997), la cual puede ser el resultado de la evolución, la domesticación y el mejoramiento genético (selección) (Van, 1985), y más específicamente por su naturaleza hermafrodita con dicogamia protogínica y su propagación por semillas (George, 1984). El mejoramiento genético en el chirimoyo ha tenido siempre como objetivo las propiedades del fruto, como órgano principal de selección, y además, la caracterización se ha hecho siempre con base en este órgano, que es la parte de la planta más comúnmente utilizada para diferenciar cultivares, los cuales han sido clasificados en cinco tipos de acuerdo al tipo de cáscara del fruto: lisa, impresa, tuberculata, mamilata y umbonata; sin embargo, muchas características pomológicas de gran interés frutícola muestran polimorfismo (Ellstrand y Lee, 1987) y aunque tradicionalmente se han venido usando características morfológicas y fisiológicas para la identificación de los cultivares presenta la desventaja de que estos caracteres se ven muy influenciados por los factores ambientales (Pascual *et al.*, 1993). Al respecto Scheldeman *et al.* (1999) descartaron el tipo de cáscara del fruto para fines de caracterización, debido a su variabilidad e inestabilidad y por no estar correlacionado con el peso de fruto ni con el número de semillas. Por su parte Rahman *et al.* (1998), indicaron que estos cinco tipos también exhiben diferencias en otras características morfológicas tales como hoja y forma del fruto.

El estudio de caracterización morfológica muestra alta variabilidad detectada a través de los descriptores de hoja, flor, fruto y semilla del chirimoyo, lo que confirma la existencia de una amplia diversidad en México, ya que las selecciones y cultivares se ubican en diferentes planos. Dicha variación en el chirimoyo ha sido detectada en otros países usando marcadores mediante isoenzimas para fines de identidad de cultivares y caracterización genética del germoplasma por Lee y Ellstrand (1987), Perfecti *et al.* (1993), Perfecti y Camacho (1999); por análisis de AFLP (Rahman *et al.*, 1998) clasificando 19 cultivares en cinco tipos basado sobre su textura de la cáscara. Por lo tanto, la heterocigosis que exhibe el chirimoyo puede ser consecuencia de la conducta floral de dicogamia protogínica y la manipulación humana puede también promover la variación a través de la combinación genética (selección) ya que la mayoría de los cultivares del chirimoyo provienen de plantas de semilla de polinización abierta (Richarson y Anderson, 1996; Clark, 1992)

Caracterización poscosecha

La fruta de chirimoya se cosecha en madurez fisiológica con su pulpa firme, una vez que ha llegado a su completo desarrollo, lo que ocurre, dependiendo del cultivar entre 5 a 8 meses después de la polinización. En esta fruta se distinguen dos etapas de maduración: la madurez de cosecha y la madurez de consumo (Undurraga-Martínez, 1988). En México, al igual que en otros países, el índice de cosecha utilizado por los productores es el tamaño y el cambio de color. Una vez tomada del árbol, evoluciona hacia la madurez de consumo, requiriendo en todo momento manipuleo cuidadoso, ya que conjuntamente con el ablandamiento, comienza a elevar los contenidos volátiles, entre los que tenemos, el aroma y una fuerte cantidad de etileno que acelera la maduración (Undurraga-Martínez *et al.*, 1998). La demanda de fruta del chirimoyo a nivel mundial crece en los últimos años debido a su excelente sabor. Existen también excelentes posibilidades de mercado en los Estados Unidos y Europa, pero es limitado porque sus frutos tienen corta vida de anaquel de menos de una semana (Gutiérrez *et al.*, 1994). Estudios con frutos de *Annonacea* muestran que tienen una corta vida cuando son almacenados a 20 °C (Brown *et al.*, 1988). La principal técnica de conservación es el almacenamiento en frío, aunque aplicaciones de otras técnicas como encerado,

absorbedores de etileno o atmósfera modificada también contribuyen a la conservación (Undurraga-Martínez *et al.*, 1998). Si bien el almacenamiento de frutos de chirimoyo a diferentes temperaturas, humedades, presión y atmósferas controladas, la maduración se retarda, pero cuando los frutos retornan a las condiciones ambientales normales a temperaturas de entre 20-22 °C, se presenta una fermentación colateral, lo que provoca que el fruto no sea consumible (Lahoz y Vargas, 1993). El almacenamiento refrigerado es efectivo para prolongar la vida poscosecha de los frutos del chirimoyo, pero no resiste temperaturas por debajo de 8-10 °C sin desarrollar síntomas de daño por frío (Gutiérrez *et al.*, 1992; Fuster y Prestamo, 1980). Es conocido que frutos de la familia *Annonaceae*, al igual que otros frutos de plantas subtropicales y tropicales, son sensibles a los daños por frío. Los síntomas de daño por frío en frutos del chirimoyo aparecen como oscurecimientos en la piel, fallas en una maduración apropiada, decoloración de la pulpa y la aparición de manchas rosas pálidas alrededor de las semillas (Gutiérrez *et al.*, 1992).

El análisis del comportamiento poscosecha bajo condiciones ambientales no controladas de 11 selecciones y cultivares, permite señalar que las selecciones 196, 256 y los cvs. White y Cortés II 31 fueron los que tuvieron mayor resistencia de la epidermis del fruto; lo que es importante para el manejo poscosecha; en tanto que la menor pérdida de peso se encontró en el cv. Campas y en las selecciones 266, Carapan, 256 y el cv. Cortés II 31. El mayor contenido de SST se obtuvo en las selecciones Carapan, 266, Campas y Cortés II 31, en tanto que el pH más alto se obtuvo en el cv. Cortés II 31 y en las selecciones 196 y 260. La evolución de la pérdida de brillantez fue menor en las selecciones 9651, 196 y 260. En la conjugación de los caracteres favorables señalados los más importantes de tomar en cuenta para el manejo poscosecha podemos señalar que las selecciones 256, 266, 196 y los cvs. Cortés y Campas fueron los mejores en cuanto a su comportamiento en poscosecha al reunir el mayor número de características favorables, los que puede ser de utilidad para fines de manejo o para el mejoramiento genético.

El estudio de la conservación de frutos del cv. Cortés II 31 mediante el almacenamiento refrigerado a 10 °C y del uso de películas plásticas confirmó que la chirimoya es un fruta altamente sensible a los daños por frío y es posible conservarlo por medio de estas

técnicas hasta por 14 días sin daños considerables, los cuales si se intensifican a los 21 días y la película plástica para este cultivar intensificó los daños por frío. Undurraga-Martínez *et al.* (1998), estudiaron los orígenes de estos desórdenes en el cv. Concha Lisa. Durante el almacenaje evaluaron cada siete días: SST, acidez titulable, color de la epidermis, y pérdida de humedad. Una vez aparecidos los desórdenes fisiológicos, los autores realizaron el análisis histológico y descriptivo de ellos, determinando que las alteraciones denominadas “pitting”, moteado y pardeamiento epidermal son secuenciales en el almacenaje y provocan cada una un daño particular en el fruto cuando se almacenan por más de 35 días, que en el cv. Cortés II 31 ocurre a desde los 21 días. La evolución de resistencia de la pulpa a la presión, SST y color, ratificaron la pérdida de calidad que sufre la fruta por la aparición de desórdenes fisiológicos. El almacenaje prolongado de los frutos del chirimoyo esta limitado por su alta susceptibilidad al daño por frío y trastornos fisiológicos, sin que ello se encuentre asociado a un agente patógeno (Alique *et al.*, 1994). Entre estos trastornos se han encontrado puntuaciones necróticas, moteado y pardeamiento epidermal (Undurraga-Martínez *et al.*, 1998)

El estudio puso de manifiesto que la chirimoya es un fruto altamente perecedero y su duración en poscosecha depende, entre otros factores, de su estado de madurez en el momento de la cosecha y de las condiciones ambientales donde se almacena para madurar o conservar. Al respecto Undurraga-Martínez (1988), indicó que, una de las formas de hacer más eficiente cualquiera de los sistemas de almacenamiento a utilizar, es la determinación de un índice de madurez de cosecha más exacto, ya que los actuales están basados sólo en cambios de color y el tamaño del fruto que son visuales y por lo tanto, difíciles de observar al momento de cosecha, requiriendo de personal altamente experimentado para usar estos índices. La variación que se observa en poscosecha, además de las características intrínsecas de cada cultivar y del ambiente, dependen en gran medida, del estado de madurez en cosecha.

LITERATURA CITADA

- ALIQUE, R.; ZAMORANO, P.; CALVO, M.; MERODIO, C.; DE LA PLAZA, J.L.
1994. Tolerance of chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) to the cold storage, J.Amer. Soc. Hort Sci. 119 (3): 524-528.
- ANÓNIMO.1990. Official Methods of Analysis of Association Official Analytical Chemist. 13rd edition. Washington, D.C. pp. 336-371.
- BANKS, E. 1993.Reducing gas exchange of fruits with surface coatings. Harvest Biol. Technol. 3: 269-284.
- BROWN, B.I.; WONG,L.S.;GEORGE,A.P.;NISSEN,R. 1998. Comparative studies on the postharvest physiology of fruit from different species of *Annona* (custard apple). Jour. Hort. Sci. 63(3):521-8.
- CLARK, P. 1992. Chirimoyas, even in small spaces. Fruit Gardener 2: 3-5.
- ELLSTRAND, N.C. 1997. Cultivars characteristics. Chapter 3, pp. 2-9. In: The Cherimoya Handbook. California Cherimoya Association (ed.). University of California. Department of Botany and Plant Sciences. Los Angeles, CA. U.S.A.
- ELLSTRAND, N.C.; LEE, J.M. 1987. Cultivar identification of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) using isozymes markers. Scientia Horticulturae 32: 25-31.
- FARRÉ-MASSIP, J.M; HERMOSO-GONZÁLEZ, J.M. 1986. EL chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.). Criterios para una selección de cultivares. Fruticultura Profesional 3: 2-4.
- FUSTER, C.; PRESTAMO, G. 1980.Variation of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) texture during storage, as determined with an instron food testing instrument. Jour.Food Sci. 45: 142-145.
- GEORGE, A.P. 1984. *Annonaceae*, pp. 35.41. In: Tropical Tree Fruits for Australia. Page,P.E.(ed.). Queensland Department of Primary Industries. Brisbane, Australia.
- GUTIÉRREZ, M.; SOLA, M.M.; PASCUAL, L.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, M. I; VARGAS, A.M.1992. Ultrastructural changes in chilling-injured chirimoya. Food Structure 11:323-32.
- LEE, J.M.; ELLSTRAND, N.C. 1987. Inheritance and linkage of isozymes in the cherimoya. The Journal of Heredity 78:83-387.
- LAHOZ, J.M.; GUTIÉRREZ, M.; SOLA,M.M.; SALTO, R.; PASCUAL, L.; MARTÍNEZ-CAYUEL, A.M.; VARGAS, A.M.1993. Ethylene in cherimoya fruit (*Annona cherimola* Mill.) under storage conditions. Journal of Agricultural Food Chemistry 41: 721-723.
- MARTÍNEZ-CALLUELA, M.; SÁNCHEZ DE MEDINA, L.; FAUS, M. J.; GIL, A. 1998. Cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) polyphenoloxidase: monophenolase and dihydroxyphenolase activities. Jour. Food Sci. 53(4): 1191-1193.

- PASCUAL, L.; PERFECTTI, F.; GUTIÉRREZ, M.; VARGAS, A.M. 1993. Characterising isozymes of Spanish chirimoya cultivars. *HortScience* 28(8): 845-847.
- PERFECTTI, F.; CAMACHO, J.M.P. 1999. Análisis of genotypic differences in developmental stability in *Annona cherimola*. *Evolution* 53(5):1396-1405.
- PERFECTTI, F.; GUTIÉRREZ, M.; VARGAS, A.M. 1993. Characterising isozymes of Spanish cherimoya cultivars. *HortScience* 28(8): 845-847.
- RAHMAN, S.M.; SHIMADA, T.; YAMAMOTO, T.; YONEMOTO, J.Y.; YOSHIDA, M. 1998. Genetic diversity of cherimoya cultivars revealed by amplified fragment length polymorphism (AFLP) analysis. *Breeding Science* 48: 5-10.
- RICHARDSON, A.; ANDERSON, P.A. 1986. Hand pollination effects on the set and development of cherimoya (*Annona cherimola*) fruit in a humid climate. *Scientia Horticulturae* 65:273-281.
- SCHELDEMAN, X.; UREÑA, V.; VAN DAMME, P. 1999. Colección y caracterización de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en la Provincia de Loja, Sur de Ecuador. *Acta Horticulturae* 497: 153-172.
- UNDURRAGA-MARTÍNEZ, P. 1988. Estudio de técnicas de conservación y comercialización de chirimoyas para exportación. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Quillota, Chile. 241 p.
- UNDURRAGA-MARTÍNEZ, P.; OLAETA-COSCORROSA, J. A.; MAC-LEAN-BERNALES, H. 1998. Identificación y caracterización de desordenes fisiológicos en chirimoyas (*Annona cherimola* Mill.) cv. Concha Lisa en refrigeración. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 4(1): 5-12.
- VAN, H.J.L. 1995. Hierarchical approaches to the analysis of genetic diversity in crop Plants, pp. 23-34. In: Core collections in Plant Genetic Resources. Hodgkin, T.; Brown, A.H.D.; van Hintum, J.L.; Morales, E.A.V. (eds.) International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). A Wiley-Sayce Publication. Rome, Italy.

VII. CONCLUSIONES GENERALES

CONCLUSIONES GENERALES

1. Del análisis de agrupamiento de datos se formaron cuatro grupos de selecciones y cultivares de chirimoyo, lo que indica la variabilidad existente entre ellos y se constata la utilidad de los estudios de morfometría de hoja, flor, fruto y semilla para diferenciar grupos de genotipos más homogéneos.
2. Mediante el análisis de componentes principales se encontró que los mejores caracteres del chirimoyo son: área de sépalo, sólidos solubles totales y peso de fruto para el CP1; eje radial/eje longitudinal de semilla, área de sección de pétalo y ángulo de la quinta vena para el CP2; ángulo apical, índice de redondez del limbo y resistencia de la piel al penetrómetro para el CP3; número de venas, relación eje ecuatorial/eje polar de fruto y la relación eje medio/eje longitudinal de pétalo para el CP4, lo que indica que deben considerarse dichos caracteres como descriptores de esta especie.
3. Los procesos de maduración en las 11 selecciones y cultivares mostraron diferencias significativas entre genotipos en los porcentajes de pérdida de peso, resistencia de la piel al penetrómetro, contenido de SST (°Brix), pH, acidez titulable, cambios de color y producción de CO₂ y etileno. No hubo diferencias significativas en el cambio en la firmeza de la pulpa entre genotipos pero sí entre los días de evaluación, encontrándose que al cuarto día esta característica bajó a 2.14 kg, siendo esto un indicador de madurez de consumo
4. Las selecciones 256 y 266 y los cvs. Cortés II 31 y Campas fueron los que reunieron el mayor número de características favorables en poscosecha.
5. La refrigeración a 10 °C y la cubierta plástica logra conservar los frutos del cv. Cortés II 31 hasta por 14 días sin alteraciones fisiológicas. Después de 21 días de almacenamiento refrigerado los daños por frío se intensifican y la película plástica acelera estos desórdenes fisiológicos.
6. Los sólidos solubles totales y azúcares totales y pH aumentaron, en tanto que la acidez titulable y la vitamina C disminuyeron a mayor número de días de refrigeración del los fruto. El porcentaje de maduración a temperatura ambiente resultó normal en los frutos

con 14 días de almacenamiento refrigerado, sin embargo, a los 21 días se acentuaron los desórdenes fisiológicos por efectos de la cubierta plástica.